

4844/TS/n/92 ✓

# TUGAS AKHIR

STUDI KEMUNDURAN GARIS PANTAI DAN SISTEM  
PENGAMANANNYA DI PANTAI KRAKSAAN  
KABUPATEN PROBOLINGGO



R55  
627.58  
Wib  
2-1  
1992

Oleh :

Waras Wibowo

3843100208

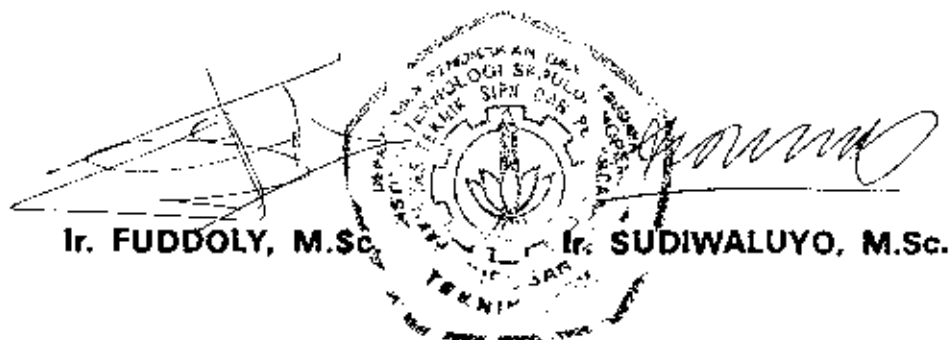
BIDANG STUDI PERHUBUNGAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
1992

# **TUGAS AKHIR**

## **STUDI KEMUNDURAN GARIS PANTAI DAN SISTEM PENGAMANANNYA DI PANTAI KRAKSAAN KABUPATEN PROBOLINGGO**

**Mengetahui / Menyetujui**

**Dosen Pembimbing**

  
Ir. FUDDOLY, M.Sc. Ir. SUDIWALUYO, M.Sc.

**BIDANG STUDI PERHUBUNGAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
1992**

## ABSTRAK

WARAS WIBOWO. Studi Kemunduran Garis Pantai dan Sistem Pengamanannya di Pantai Kraksaan Kabupaten Probolinggo. Tugas Akhir.

Studi ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana tingkat kemunduran garis pantai dan sistem pengamanannya dengan studi kasus kemunduran garis pantai yang terjadi di Desa Kalibuntu Kecamatan Kraksaan, Kabupaten Probolinggo.

Inventarisasi data didapat dari pengukuran lapangan dan instansi terkait maupun informasi yang relevan dari penduduk setempat. Inventarisasi data terdiri dari topografi, angin, arus, pasang surut dan gradasi material.

Berdasarkan informasi dari penduduk setempat, dulu sekitar tahun 1942 pantai Kalibuntu menjorok kearah laut 1300 m dari garis pantai sekarang dan terdapat pohon bakau yang cukup lebat.

Analisa terdiri dari perhitungan sediment transport yang menggunakan perumusan CERC Formula untuk mengetahui besar dan arah sediment transport di daerah studi. Kemudian dibandingkan dengan morfologi pantai, yaitu perubahan volume profil dan garis pantai untuk mendapatkan faktor penyebab erosi.

Hasil studi ini menunjukkan, bahwa erosi di pantai Kalibuntu bermula dari hilangnya pohon bakau sehingga terjadi longshore sediment transport hingga sekarang. Dan alternatif yang sesuai adalah bangunan groin dengan pengisian pasir diantara groin sebagai bahan rotasi.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan hidayahNya sehingga tugas akhir yang berjudul :

### STUDI KENUNDURAN GARIS PANTAI DAN SISTEM

### PENGAMANAANNYA DI PANTAI KRAKSAAN

### KABUPATEN PROBOLINGGO

ini dapat terselesaikan.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat bagi mahasiswa dalam menempuh jenjang Strata I di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini penulis berusaha menerapkan segala sesuatu yang telah penulis peroleh baik dari bangku kuliah, tinjauan pustaka maupun dari dosen pembimbing.

Pada kesempatan ini pula penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Fuddoly, MSc., dan Bapak Ir. Sudiwaluyo, MSc., selaku Dosen Pembimbing.
2. Bapak-Ibu dosen staf Laboratorium Hidroteknik ITS yang telah banyak membantu penulis dan fasilitas komputer yang diberikan.
3. Segenap karyawan Laboratorium Hidroteknik ITS yang telah banyak membantu penulis.
4. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Dalam menyusun tugas akhir penulis menyadari adanya kekurangan-kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca, khususnya bagi penulis pribadi.

Surabaya, Juli 1992

penulis,

# DAFTAR ISI

	hal
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
ABSTRAK	
BAB I      PENDAHULUAN	1
1.1 Umum	1
1.2 Latar Belakang	2
1.3 Maksud dan Tujuan	4
1.4 Ruang Lingkup Studi	4
1.5 Batasan Studi	5
1.6 Metodologi	5
BAB II     SEKILAS TEORI MENGENAI EROSI PANTAI DAN PENGAMANANNYA	7
2.1 Umum	7
2.2 Pantai Yang Erosi	8
2.2.1 Erosi Struktural	8
2.2.2 Erosi Sementara	12
2.3 Pantai Yang Stabil	14
2.4 Pantai Yang Akresi	15
2.5 Bangunan Pengaman Pantai	16
2.5.1 Seawall dan Revetment	16
2.5.2 Groin	17
2.5.3 Offshore Breakwater	19
2.5.4 Nourishment	20

2.5.5 Mangrove	21
BAB III INVENTARISASI DAN ANALISA DATA	23
3.1 Umum	23
3.2 Sosial Ekonomi	23
3.3 Topografi	25
3.3.1 Situasi	25
3.2.2 Poligon	26
3.2.3 Waterpass	26
3.3.4 Profil	27
3.4 Angin	27
3.5 Pasang Surut	29
3.6 Arus	31
3.7 Material Dasar	33
BAB IV SEDIMENT TRANSPORT	35
4.1 Umum	35
4.2 Pendekatan Awal	36
4.3 Perumusan Sediment Transport	37
4.3.1 CERC Formula	38
4.3.2 Bijker Formula	39
4.4 Perhitungan Sediment Transport	40
4.4.1 Skematisasi Garis Pantai	41
4.4.2 Data Yang Diperlukan	42
4.4.3 Langkah Perhitungan	49
4.4.4 Program Komputer	52
4.5 Evaluasi sediment transport	55
BAB V MORPHOLOGI PANTAI	58
5.1 Umum	58
5.2 Hilangnya Hutan Bakau	59

5.3	Profil Pantai	60
5.4	Volume Profil	63
5.5	Evaluasi Morphologi Pantai	67
BAB VI	ALTERNATIF SISTEM PENGAMAN PANTAI	69
6.1	Umum	69
6.2	Pemilihan Alternatif	70
6.3	Alternatif yang diusulkan	71
6.4	Pemilihan Bahan	73
6.5	Bentuk Geometri dan Dimensi	75
BAB VII	KESIMPULAN DAN SARAN	78
7.1	Kesimpulan	78
7.2	Saran	79
LAMPIRAN		



# DAFTAR TABEL

	hal
Tabel 3.1 Keadaan angin di Probolinggo	28
Tabel 3.2 Pengukuran arus di pantai Kalibuntu	32
Tabel 3.3 Gradasi material	33
Tabel 4.1 Perumusan sediment transport	37
Tabel 4.2 Perhitungan fetch efektif di daerah studi	44
Tabel 4.3 Tinggi gelombang di pantai Kalibuntu	45
Tabel 4.4 Frekwensi relatif gelombang	46
Tabel 4.5 Frequency of exceedance gelombang	46
Tabel 4.6 Data gelombang untuk perhitungan sediment transport	49
Tabel 4.7 Besar dan arah sediment transport	55
Tabel 5.1 Volume profil BM8, BM9 dan BM10	65

## DAFTAR GAMBAR

	hal
Gambar 1.1 Lokasi daerah studi	2
Gambar 1.2 Rumah penduduk yang terkena erosi dan siap untuk dipindahkan	4
Gambar 2.1 Profil pantai yang diperhitungkan volumenya	9
Gambar 2.2 Fluktuasi volume profil pantai yang erosi	9
Gambar 2.3 Mekanisme hilangnya material pantai	10
Gambar 2.4 Longshore sediment transport	11
Gambar 2.5 Longshore sediment transport gradient akibat groin	12
Gambar 2.6 Mekanisme erosi pantai akibat badai gelombang	13
Gambar 2.7 Fluktuasi garis pantai pada pantai yang erosi	14
Gambar 2.8 Fluktuasi volume profil pantai yang stabil	14
Gambar 2.9 Fluktuasi garis pantai pada pantai yang stabil	15
Gambar 2.10 Fluktuasi volume profil pantai yang akresi	16
Gambar 2.11 Seawall untuk menahan kelongsoran tebing jalan	17
Gambar 2.12 Groin yang dipasang paralel	18
Gambar 2.13 Offshore breakwater	19
Gambar 2.14 Nourishment dari akumulasi akibat groin	21
Gambar 3.1 Prespektif patok Bench Mark	25
Gambar 3.2 Bambu untuk pengamatan pasang surut	29
Gambar 3.3 Pola pasang surut pantai Kalibuntu	30

31	meter	
32	Gambar 3.5 Hubungan pasang surut dan arus	
34	Gambar 3.6 Diameter D <sub>50</sub> dan D <sub>90</sub>	
36	Gambar 4.1 Pendekatan perilaku pantai Kalibaru	
42	Gambar 4.2 Skematisasi garis pantai daerah studi	
43	Gambar 4.3 Skema mencari besarnya $Q_0$	
43	Gambar 4.4 Perhitungan fetch efektif arah Barat Laut	
47	Gambar 4.5 Frequency of exceedance arah Barat Laut	
48	Gambar 4.6 Cara memperoleh frequency of occurrence	
55	Gambar 4.7 Besar dan arah sediment transport	
56	Gambar 4.8 Skematisasi kemunduran garis pantai	
59	Gambar 5.1 Profil pantai yang tak terproteksi	
60	Gambar 5.2 Profil pantai yang terproteksi mangrove	
61	Gambar 5.3 Posisi Patok Bench Mark di daerah studi	
62	Gambar 5.4 Penampang melintang BM6, BM9 dan BM10	
65	Gambar 5.5 Skematisasi perhitungan volume profil	
66	Gambar 5.6 Volume profil BM6, BM9 dan BM10	
69	Gambar 6.1 Sistem pantai daerah studi	
72	Gambar 6.2 Skema rotasi sediment dengan 2 groin utama	
73	Gambar 6.3 Skema rotasi sediment dengan 7 groin	
75	Gambar 6.4 Typical cross-section groin	
76	Gambar 6.5 Typical memanjang groin	
77	Gambar 6.6 Rencana alternatif dengan 7 groin	

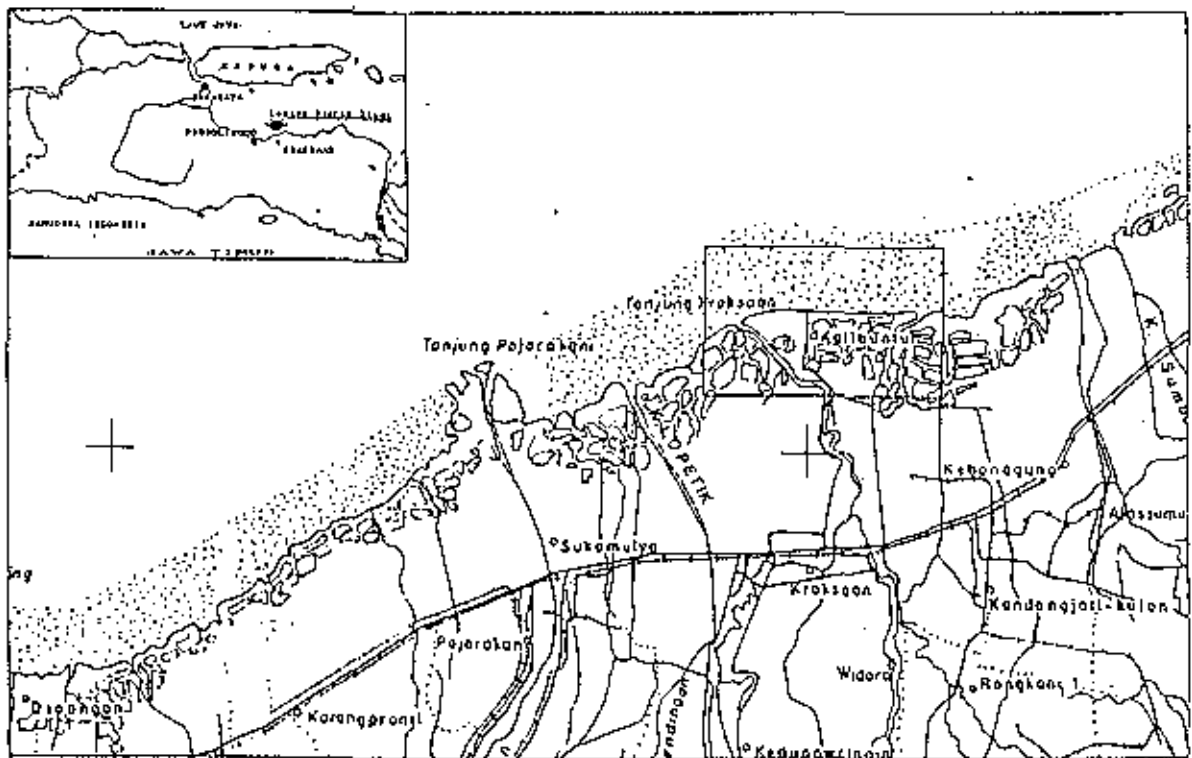
## P E N D A H U L U A N

## 1.1 Umum

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan luas daratan 11,9 juta km<sup>2</sup> yang terdiri dari 13.667 pulau besar dan kecil, dan luas lautan 17,9 juta km<sup>2</sup> dengan panjang pantai 180.000 km (Biro Pusat Statistik, 1986).

Meskipun jumlah pulau yang dihuni penduduk Indonesia (170 juta jiwa) hanya 7% dari jumlah pulau yang ada, namun lebih dari 75% jumlah kota di Indonesia dengan penduduk lebih dari 100.000 jiwa berada di daerah pantai. Tentu saja kondisi seperti ini banyak menimbulkan masalah, terutama mengenai erosi pantai yang sampai saat ini menunggu pemecahan dan penanggulangan yang serius. Salah satu contoh adalah erosi yang terjadi di pantai Kraksaan.

Kraksaan merupakan daerah kecil termasuk wilayah Kabupaten Probolinggo yang terletak di pantai Utara Jawa Timur, 125 km arah Timur Kota Probolinggo. Berdasarkan informasi dari BAPFEDA Tingkat I Jawa Timur erosi di pantai Kraksaan tergolong 3 lokasi erosi yang paling kritis di Jawa Timur, yaitu Sampang, Tuban dan Probolinggo. Lokasi erosi ini tepatnya di desa Kalibuntu (lihat Gambar 1.1).



Gambar 1.1 Lokasi daerah studi

## 1.2 Latar belakang

Berdasarkan informasi dari penduduk setempat, dulu sekitar tahun 1942 (pendudukan Jepang) letak pantai Kalibuntu menjorok ke laut 1300 m dari garis pantai yang ada sekarang dan terdapat pohon bakau yang cukup lebat. Tetapi setelah pohon-pohon bakau tersebut dipotong, maka selanjutnya erosi pantai berlangsung terus-menerus hingga sekarang.

Bukti lain yang menguatkan bahwa pantai Kalibuntu mengalami erosi yang cukup parah antara lain :

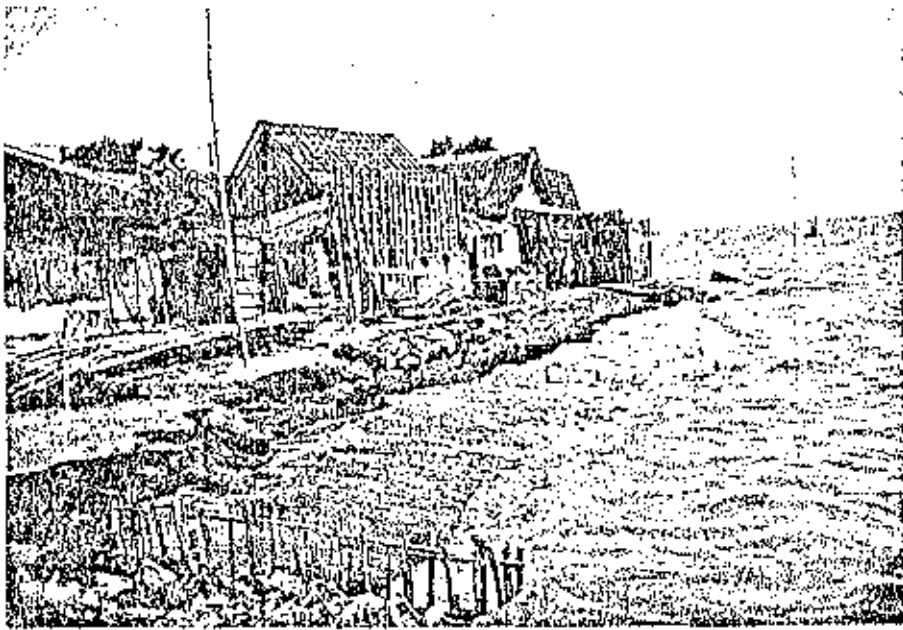
- Adanya seawall yang dibangun tahun 1979, sebagian besar telah mengalami kerusakan.
- Usaha penduduk melindungi rumah mereka dengan membuat revetment, namun banyak yang rusak dan akhirnya gagal.

- Banyak puing-puing rumah yang telah ditinggalkan oleh penghuninya.
- Ujung jalan sebelah Barat dekat Kade untuk bertambahnya perahu nelayan telah mengalami erosi.

Adapun tindakan penduduk yang menambah besarnya laju erosi antara lain :

- Adanya tambak udang yang sangat dekat dengan pantai, bahkan malah menjorok ke arah laut yang biasanya membuka lahan baru dengan menebang pohon bakau, sehingga hutan bakau yang ada semakin tipis, dan akhirnya tidak cukup kuat untuk menahan gaya gelombang.
- Penduduk mengambil dan menggunakan kayu pohon bakau sebagai kayu bakar untuk memasak sehari-hari.

Meskipun demikian Pemerintah Daerah juga sudah berusaha menanggulangi erosi yang terjadi, dengan cara menanam pohon bakau kembali seluas 4.7 ha, namun program tersebut tidak berhasil. Selain itu juga memindahkan penduduk setempat yang terkena erosi ke tempat lain yang bebas dari erosi. Dimana sampai saat ini Pemerintah Daerah setiap tahunnya harus menyediakan dana untuk memindahkan 1-2 rumah yang terkena erosi. Gambar 1.2 menunjukkan rumah penduduk yang terkena erosi dan siap untuk dipindahkan.



Gambar 1.2 Rumah penduduk yang terkena erosi dan siap untuk dipindahkan

### 1.3 Maksud dan Tujuan

Berdasar pada permasalahan tersebut diatas, maksud dan tujuan dari studi ini adalah :

1. Mengetahui sejauh mana tingkat sediment transport yang terjadi di pantai Desa Kalibuntu.
2. Mencari faktor-faktor yang menyebabkan mundurnya garis pantai Desa Kalibuntu.
3. Menentukan dan merencanakan jenis bangunan pengaman pantai Desa Kalibuntu.

### 1.4 Ruang Lingkup Studi

Ruang lingkup pada studi ini adalah :

1. Inventarisasi data primer dan data penunjang meliputi :
  - data topografi dan profil
  - data gelombang, arus, angin, pasang surut dan sampel

## 2. Analisa data meliputi :

- Analisa gelombang, arus, angin, pasang surut dan sampel
- Analisa sedimen transport
- Analisa morfologi pantai

## 3. Perencanaan meliputi :

- Pemilihan alternatif
- Perencanaan bangunan pengaman pantai

### 1.5 Batasan Studi

Agar tidak menyimpang dari maksud dan tujuan dari studi ini, maka perlu adanya batasan-batasan studi. Batasan studi ini adalah sebagai berikut :

- Pantai yang distudi adalah pantai Desa Kalibuntu dengan panjang 2000 m, dimana di Kanan dan Kiri pantai terdapat hutan bakau.
- Pengumpulan data didapat dari hasil pengukuran dan sumber lain yang terkait.
- Analisa gelombang dilakukan dengan cara statistik.
- Analisa sediment transport menggunakan metode CERC Formula.
- Program Komputer dibuat disesuaikan dengan kondisi daerah studi untuk mempercepat perhitungan sediment transport.
- Perencanaan alternatif pengamanan pantai, hanya merupakan perencanaan umum.

### 1.6 Metodologi

Didalam mencari pemecahan masalah di daerah studi sesuai dengan maksud dan tujuan, maka dilakukan suatu proses yang bertahap mulai dari tinjauan pustaka, inventarisasi



data, analisa data, perhitungan dan perencanaan, sampai pada tahap kesimpulan dan saran.

Inventarisasi data terdiri dari data primer yang didapat dari pengukuran langsung di lapangan dan data penunjang dari instansi terkait dan informasi yang relevan dari penduduk setempat. Data yang diperlukan terdiri dari data topografi, gelombang, arus, angin, pasang-surut, sampel tanah dan air laut.

Dari inventarisasi data primer dan data penunjang lainnya dilakukan tahap analisa dan perhitungan. Menganalisa tipe erosi yang terjadi di pantai Desa Kalibuntu (erosi struktural dan erosi akibat badai gelombang). Dengan menganalisa sediment transport yang dibandingkan dengan analisa morfologi pantai, maka diharapkan dapat diketahui faktor-faktor yang menyebabkan mundurnya garis pantai dan menentukan jenis konstruksi pengaman pantai.

## BAB II

### SEKILAS TEORI MENGENAI EROSI PANTAI DAN PENGAMANANNYA

#### 2.1 Umum

Setiap permasalahan dapat dicari penyelesaiannya, demikian pula dalam bidang teknik pantai khususnya yang menyangkut masalah erosi pantai, maka diperlukan sistem pengamanan pantai yang baik dan cocok, sehingga dapat berfungsi dengan baik selama umur rencana yang diharapkan.

Sistem pengamanan pantai tersebut diatas dapat berupa bangunan pengaman pantai, seperti seawall, revetment, groin, breakwater atau usaha pengamanan pantai lainnya seperti nourishment dan penanaman tumbuhan mangrove.

Tujuan dari sistem pengamanan pantai dapat bermacam-macam dan dapat mencakup lebih dari maksud berikut:

- Menahan erosi pantai
- Menahan dan memacu sedimentasi
- Membuat perairan menjadi tenang
- Menghindari pendangkalan di depan muara sungai
- Menghindari kelongsoran lereng pantai

Tetapi sebelum memilih tipe bangunan pengaman pantai, maka terlebih dahulu harus diketahui dengan jelas penyebab erosi tersebut. Untuk mengetahui apakah pantai tersebut benar-benar mengalami erosi, maka batasan dan pengertian tentang perilaku pantai harus dipahami. Oleh karena itu pada Bab ini dipandang sangat perlu untuk membahas secara singkat dan jelas mengenai perilaku pantai.

Perilaku pantai pada umumnya dapat dibedakan menjadi 3 tipe pantai (Coastal Engineering II, 1989), yaitu:

- pantai yang erosi (eroding coast)
- pantai yang stabil (stable coast)
- pantai yang akresi (accreting coast)

Dari ketiga perilaku pantai tersebut, ternyata yang banyak menimbulkan permasalahan adalah pantai yang erosi.

## 2.2 Pantai Yang Erosi

Sebelum menentukan dan merencanakan bangunan pantai yang digunakan untuk menanggulangi erosi pantai, maka terlebih dahulu dianalisa apa penyebab terjadinya erosi tersebut. Erosi pantai menurut kejadiannya dibedakan menjadi dua (Jan van de Graaff et al, 1991), yaitu :

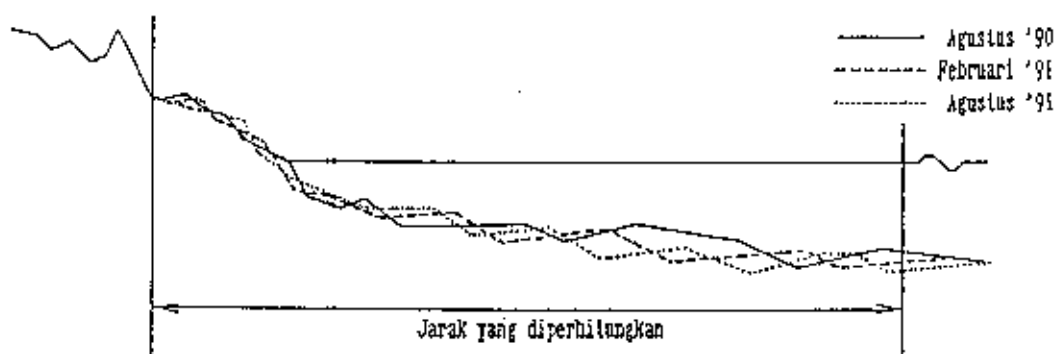
1. Erosi Struktural (Structural Erosion)
2. Erosi Sementara (Temporary Erosion)

Sulit untuk membedakan kedua tipe tersebut secara visual, karena efek dan kerusakan yang ditimbulkan oleh kedua tipe erosi tersebut adalah sama. Namun perbedaan ini sangat penting, karena akan mempengaruhi jenis bangunan pantai yang akan digunakan. Pada umumnya kenyataan di lapangan menunjukkan, bahwa pantai yang benar-benar mengalami erosi adalah pantai yang tererosi baik struktural maupun sementara.

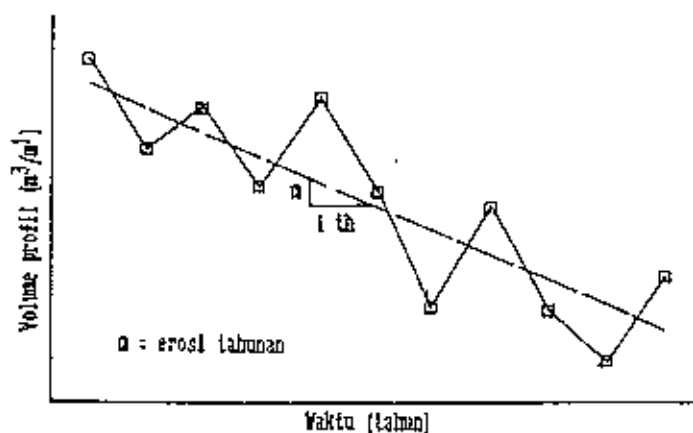
### 2.2.1 Erosi Struktural

Erosi struktural adalah erosi yang terjadi secara bertahap dari waktu ke waktu (long term erosion). Untuk mengetahui pantai mengalami erosi struktural diperlukan

pengukuran profil pantai yang berulang (paling tidak satu kali setahun) dalam waktu yang cukup lama, biasanya lebih dari 20 tahun. Gambar 2.1 menunjukkan perilaku profil pantai yang diperhitungkan volumenya.



Gambar 2.1 Profil pantai yang diperhitungkan volumenya

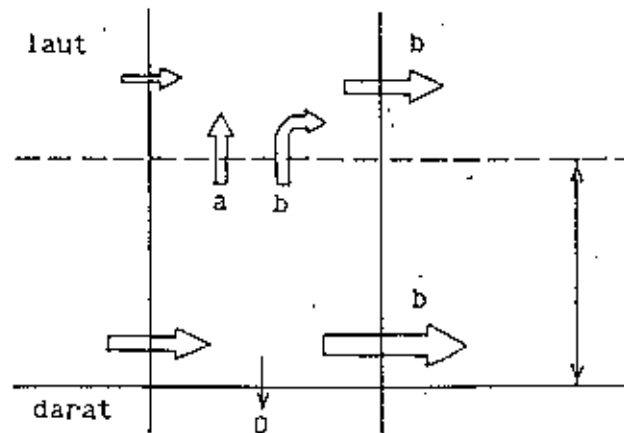


Gambar 2.2 Fluktuasi volume profil pantai yang erosi

Kemudian dari masing-masing pengukuran profil tersebut dihitung volumenya dan dibandingkan satu dengan lainnya. Dan setelah dihitung volume profil tahunannya, digambarkan fluktuasi volume profil tersebut terhadap waktu, sehingga dapat dilihat perilaku pantai tersebut dan rata-rata erosi tahunannya (lihat Gambar 2.2).

Ada dua penyebab erosi struktural yang berbeda mekanismenya, (van der Velden, 1989), yaitu :

- a). Hilangnya material pantai yang bergerak kearah offshore karena adanya net cross-shore transport.
- b). Hilangnya material pantai yang bergerak sepanjang pantai karena adanya longshore sediment transport gradient.



Gambar 2.3 Mekanisme hilangnya material pantai

#### a. Net cross-shore transport

Net cross-shore transport terjadi apabila terdapat palung laut yang letaknya sangat dekat dengan pantai, sehingga material pantai akan bergerak kearah offshore, tertimbun di palung laut dan tidak akan kembali lagi.

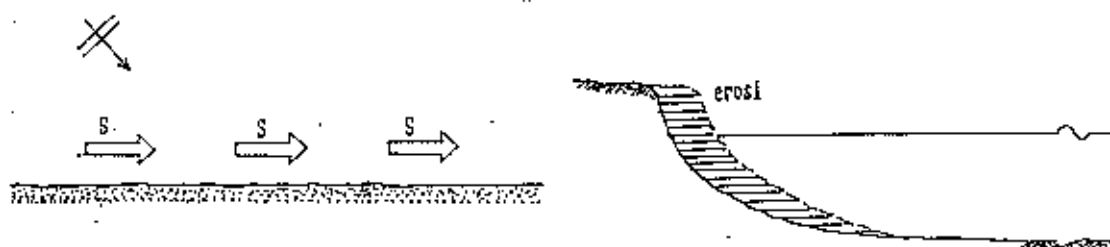
Hal lain yang menyebabkan net cross-shore transport adalah apabila kondisi laut berubah, seperti naiknya elevasi muka air laut di seluruh dunia, berubahnya pasang surut dan iklim gelombang.

Namun pada kenyataannya net cross-shore transport ini jarang terjadi, karena apabila net cross-shore terjadi terus-menerus, maka akan terjadi akumulasi sediment di daerah

pantai yang lebih dalam, sehingga kemiringan pantai makin lama makin datar dan gerakan sediment pun akan berhenti.

#### b. Longshore Sediment Transport Gradient

Kondisi yang sering terjadi di lapangan adalah erosi karena longshore sediment transport, yang terjadi apabila ada gelombang yang datang dengan membentuk sudut dengan kontur kedalaman pantai. Longshore sediment transport menyebabkan erosi pantai, dimana bentuk profil pantai sebelum dan sesudah erosi tidak berubah (lihat Gambar 2.4).

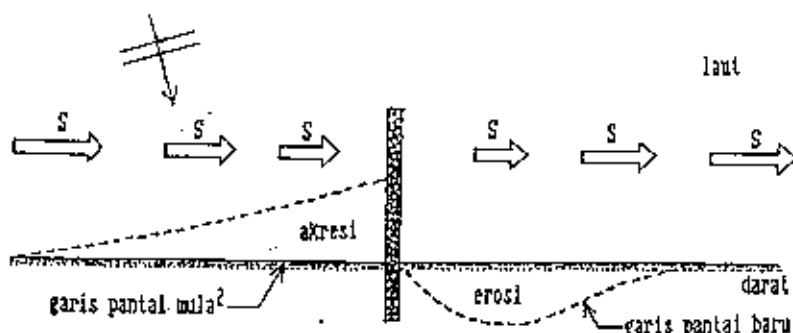


Gambar 2.4 Longshore sediment transport

Apabila longshore sediment transport terhambat oleh suatu rintangan seperti groin atau breakwater (lihat Gambar 2.5), maka akan terjadi longshore sediment transport gradient. Karena dengan adanya rintangan tersebut akan menghambat gerakan arus upstream yang mengangkut material pantai.

Hal ini menimbulkan ketidak-seimbangan sediment yang bergerak, sehingga arus (longshore current) yang ditimbulkan oleh gelombang pada daerah downstream akan mengambil dan mengangkut material secara berangsur-angsur sampai jumlahnya mencapai angkutan awal (sebelum ada rintangan). Akibatnya

terjadilah erosi pada daerah downstream yang menyebabkan garis pantai bergerak mundur kearah darat.



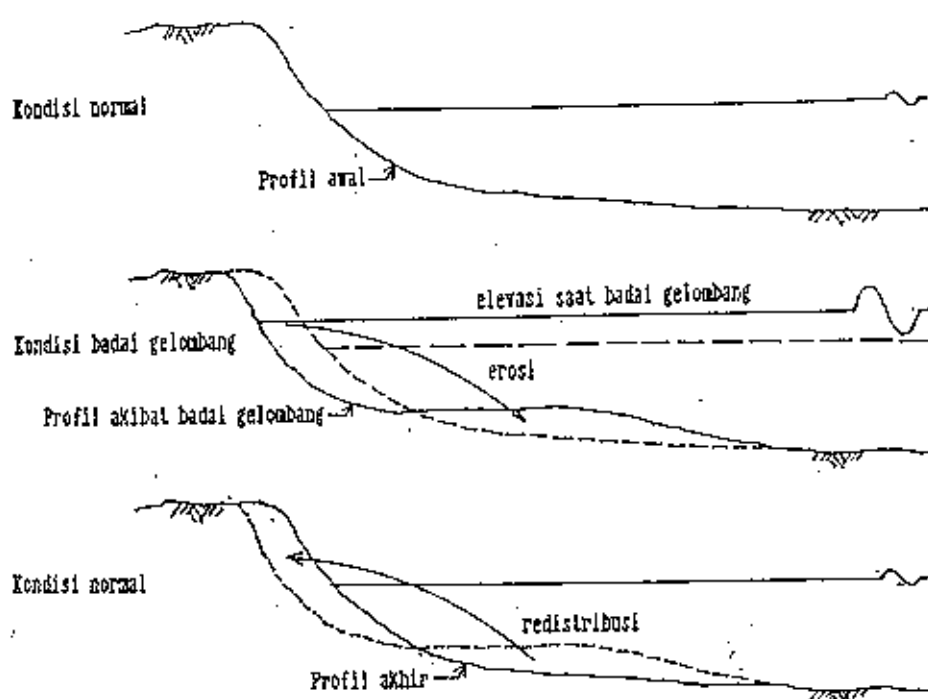
Gambar 2.5 Longshore sediment transport gradient akibat groin

### 2.2.2 Erosi Sementara

Erosi sementara adalah erosi yang terjadi akibat badai gelombang dengan periode ulang tertentu. Pada prinsipnya mekanisme erosi sementara adalah gerakan material pantai kearah offshore (cross-shore transport), dimana pada saat kondisi normal material hasil erosi akan dikembalikan lagi ketempat asalnya dalam waktu yang relatif pendek (short term erosion)

Propil pantai selalu berubah-ubah bentuknya sesuai dengan kondisi gelombang dan material dasar laut pada saat itu. Perubahan profil ini akan tampak lebih jelek lagi (terjadi kemunduran garis pantai yang besar) akibat adanya badai gelombang yang datang dengan tiba-tiba, karena terjadinya badai gelombang biasanya disertai dengan naiknya elevasi muka air laut dan tinggi gelombang yang besar. Ini berarti selama terjadi badai gelombang, propil pantai akan berubah sesuai dengan besarnya gelombang pada saat itu.

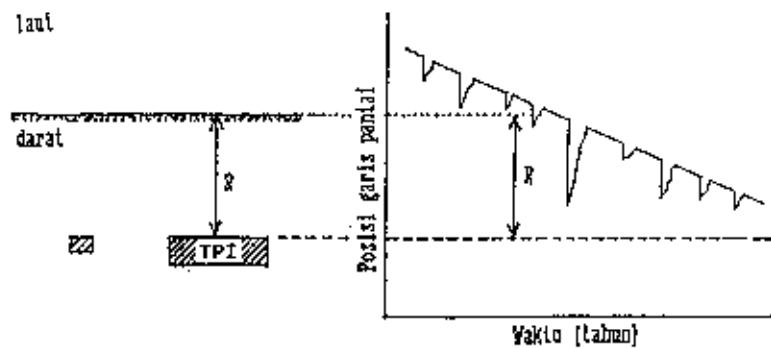
Perubahan profil tersebut merupakan erosi pada sebagian daratan dan material hasil erosi tersebut diakumulasikan ke arah offshore (cross-shore sediment transport). Akibat cross-shore transport, maka bentuk pantai menjadi lebih landai. Pada saat keadaan kembali normal, material hasil erosi akibat erosi tersebut dikembalikan ke tempat asalnya dalam waktu yang relatif pendek, dalam beberapa bulan bahkan hanya beberapa minggu (lihat Gambar 2.6 ).



Gambar 2.6 Mekanisme erosi pantai akibat badai gelombang

Meskipun material pantai yang terbawa ke arah offshore akibat erosi akan dikembalikan lagi, namun apabila erosi yang terjadi cukup besar (jauh ke arah darat), maka hal ini akan membahayakan bangunan yang ada disekitar pantai. Karena memang sangat sulit untuk menentukan seberapa jauh erosi yang mungkin terjadi, agar masyarakat sadar dalam mendirikan bangunan tidak terlalu dekat dengan pantai.

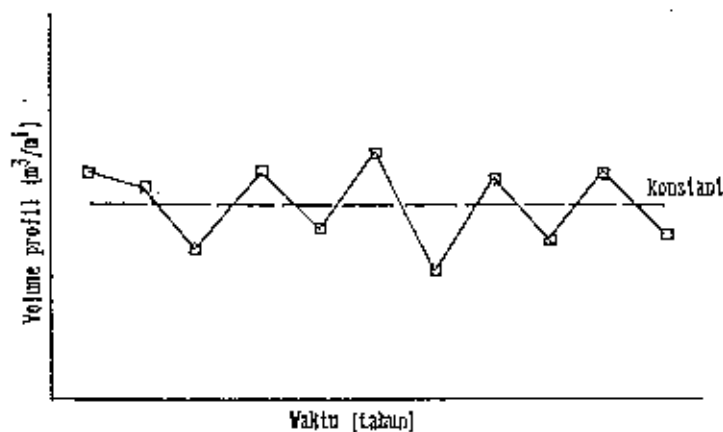




Gambar 2.7 Fluktuasi garis pantai pada pantai yang erosi

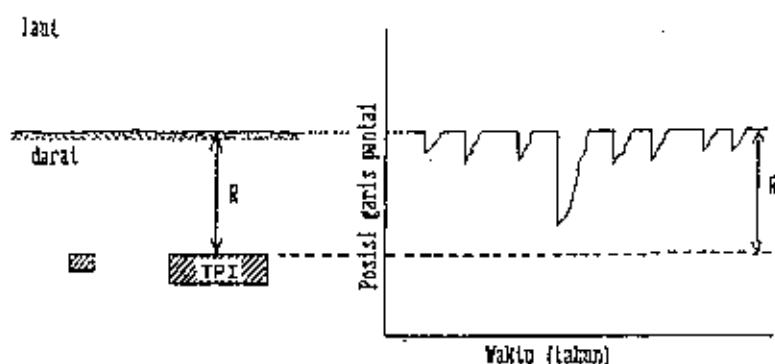
### 2.3 Pantai Yang Stabil

Pada prinsipnya mekanisme untuk mengamati pantai yang stabil adalah sama dengan pantai yang erosi. Perilaku pantai yang stabil adalah konstan. Ini berarti meskipun volume profil berfluktuasi, namun secara keseluruhan volumenya tidak berubah (lihat Gambar 2.8), demikian juga perilaku garis pantainya.



Gambar 2.8 Fluktuasi volume profil pantai yang stabil

Meskipun secara keseluruhan pantai yang stabil garis pantainya tidak berubah, namun bahaya akibat erosi akibat badai gelombang tetap ada (lihat Gambar 2.9 ). Oleh karena itu perlu diperhatikan dalam mendirikan bangunan.



Gambar 2.9 Fluktuasi garis pantai pada pantai yang stabil

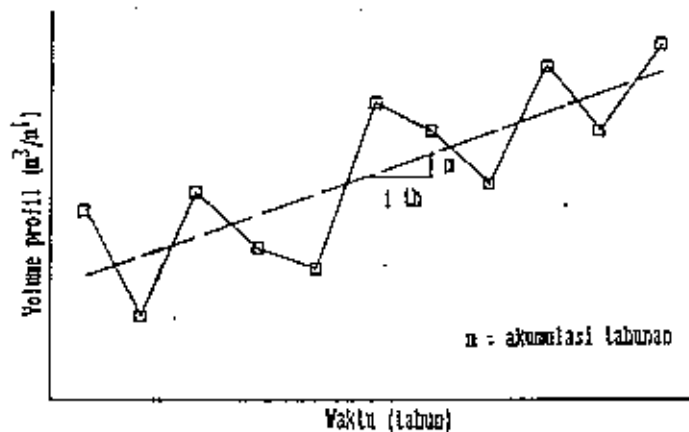
#### 2.4 Pantai Yang Akresi

Mekanisme pantai yang akresi pun sama dengan pantai yang erosi maupun stabil, hanya saja garis pantainya bergerak maju kearah laut. Ini berarti fluktuasi volume profil terus bertambah (lihat Gambar 2.10)

Berbeda dengan pantai yang erosi, pantai yang akresi tidak banyak menimbulkan masalah, bahkan malah menguntungkan bagi penduduk atau pemilik hotel disekitar pantai.

Permasalahan yang sering timbul pada pantai yang akresi adalah penyumbatan muara sungai. Meskipun secara perlahan garis pantainya bergerak kearah laut, namun erosi akibat badai gelombang tetap merupakan ancaman bagi bangunan disekitar pantai.





Gambar 2.10 Fluktuasi volume profil pantai yang akresi

## 2.5 Bangunan pengaman pantai

Untuk melindungi pantai dari berbagai permasalahan yang ada, maka diperlukan sistem pengamanan pantai yang baik, sehingga dapat melindungi pantai dan segala prasarana yang ada, seperti rumah, jalan, sawah, tambak dan lain-lain.

Pengamanan pantai tersebut dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu :

1. dengan konstruksi bangunan
2. tanpa konstruksi bangunan

Cara pertama dapat dilakukan dengan membuat bangunan seawall, revetment, groin dan breakwater. Sedangkan cara kedua dilakukan dengan nourishment dan penanaman tumbuhan-tumbuhan mangrove.

### 2.5.1 Seawall dan revetment

Seawall dan revetment merupakan bangunan pengamanan pantai yang dibuat sejajar dengan garis pantai, yang fungsinya memisahkan daratan dan laut. Dengan bangunan ini

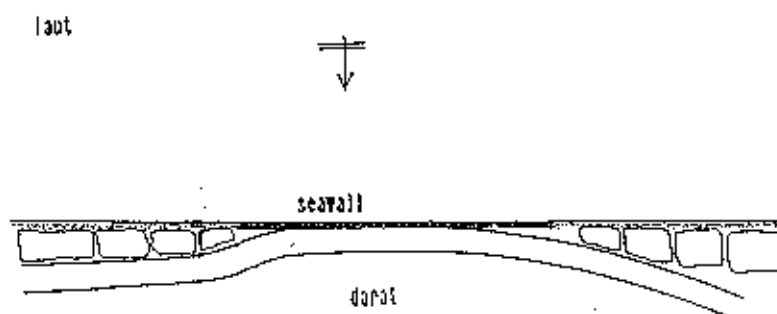
diharapkan dapat melindungi daratan dari pengaruh gelombang dan arus.

Keuntungan seawall atau revetment :

- Seawall atau revetment sangat baik untuk mengatasi erosi pada pantai yang stabil.
- Cocok untuk mencegah kelongsoran tebing pantai bila lokasi pantai berupa jalan, hotel, dan perumahan yang sangat dekat dengan pantai.

Kelemahan seawall atau revetment :

- Seawall tidak bisa digunakan untuk menahan erosi yang disebabkan oleh gradient longshore transport.
- Erosi yang terjadi di muka seawall akan berbahaya bagi kestabilan bangunan tersebut. Oleh karena itu pondasi seawall harus dibuat cukup dalam.



Gambar 2.11 Seawall untuk menahan kelongsoran tebing jalan

## 2.5.2 Groin

Groin merupakan bangunan pengaman pantai yang dibuat tegak lurus garis pantai menjorok ke arah laut. Hubungan antara pantai dengan groin adalah untuk memperbaiki bagian

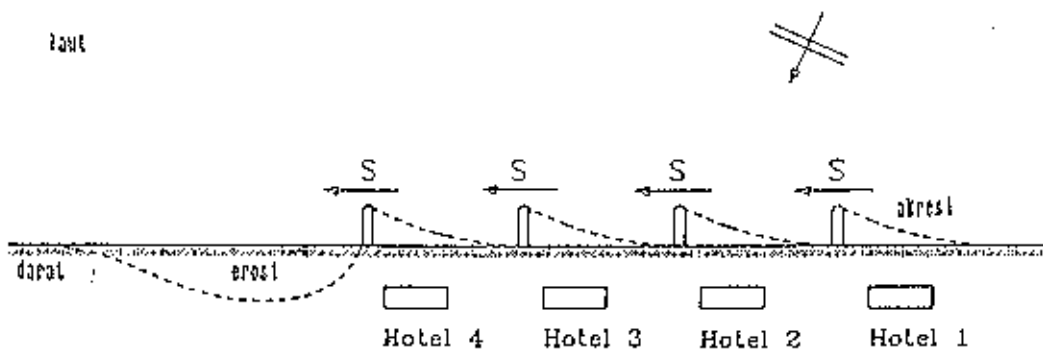
pantai yang rusak. Groyne dapat terbuat dari batu, kayu, baja dan lain-lain. Dimana bentuk geometri groyne ada yang lurus, bentuk-Y dan bentuk-T.

Keuntungan groyne adalah :

- Sangat baik untuk mencegah erosi yang ditimbulkan oleh gradient longshore sediment transport.
- Sediment akan tertangkap di bagian up-drift dan terjadi akumulasi, sehingga pantai bertambah maju. Hal ini dapat digunakan sebagai sumber sand supply pada nourishment dan merupakan tempat yang indah bagi wisatawan.

Kelemahan groyne adalah :

- Setelah terjadi akumulasi sediment pada bagian up-drift dari sistem groyne, maka akan terjadi erosi pada daerah down-drift groyne paling ujung.
- Setelah terjadi akumulasi dan erosi cukup lama, maka elevasi dasar pada bagian down-drift lebih rendah dibanding bagian up-drift. Hal ini akan berbahaya bagi wisatawan yang sedang berliburan disitu.



Gambar 2.12 Groyne yang dipasang paralel

### 2.5.3 Offshore Breakwater

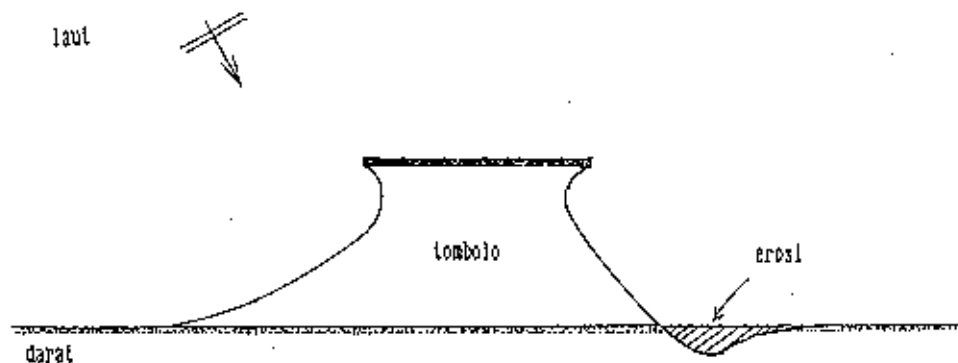
Offshore breakwater adalah bangunan pengaman pantai yang dibuat sejajar dengan pantai. Bangunan ini berfungsi untuk mereduksi enersi gelombang menjadi difraksi, sehingga mengurangi aktivitas gelombang.

Keuntungan offshore breakwater adalah :

- Pada kondisi tenang sangat efektif untuk mereduksi gelombang, sehingga longshore dan on-offshore transport dapat dikurangi.
- Pantai di belakang breakwater akan bertambah maju dan bersambung dengan breakwater membentuk tombolo.
- Konstruksi ini dapat menangkap material hasil erosi yang tegak lurus dengan garis pantai.

Kelemahan offshore breakwater adalah :

- Pada kondisi badai gelombang tidak efektif untuk mereduksi gelombang dan material hasil erosi akan lepas lagi melewati puncak breakwater. Material ini akan dikembalikan lagi bila kondisi gelombang tenang.
- Bila tombolo sudah terbentuk, maka erosi akan terjadi pada ujung belakang breakwater.



Gambar 2.13 Offshore breakwater

#### 2. 5. 4 Nourishment

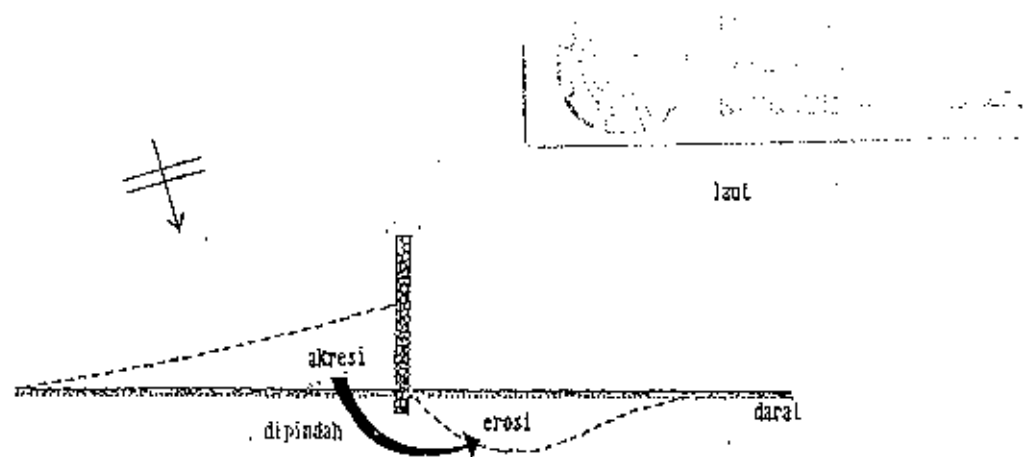
Nourishment adalah pengisian kembali pantai yang erosi dengan material yang sesuai (kebanyakan pasir) yang diambil dari dasar offshore atau dari sumber lain seperti sungai, danau, tambak dan lain-lain. Dalam hal ini nourishment harus dilakukan secara berkala dan teratur sesuai dengan besarnya laju erosi.

Keuntungan nourishment adalah :

- Tidak terjadi perubahan gradient sediment transport, oleh karena itu efek samping (seperti erosi pada down drift) tidak akan terjadi.
- Perencanaannya tidak terlalu sulit dibanding dengan sistem pengamanan pantai lainnya.
- Sistem ini mempunyai fleksibilitas dalam perencanaan, yang mana kesalahan perencanaan hampir tidak terjadi (Jan van de Graaff, 1990).
- Mudah pelaksanaannya.
- Setelah nourishment berlangsung cukup lama, profil pantai akan bertambah maju, hal ini merupakan tempat yang indah bagi wisatawan.

Kelemahan nourishment adalah :

- Bila material nourishment didapat dari pengerukan saluran, tambak atau danau, maka permasalahannya adalah terbatasnya sumber material dan kemungkinan tidak sesuai.



Gambar 2.14 Nourishment dari akumulasi akibat groin

#### 2.5.5 Mangrove

Pada pantai yang mengalami erosi relatif kecil dan gelombang yang terjadi tidak besar dapat dilakukan pengamanan pantai dengan penanaman tumbuhan-tumbuhan mangrove. Hal ini dapat dilihat pada beberapa pantai di Indonesia yang tertutup oleh hutan mangrove relatif tidak banyak kegiatan erosi yang terjadi, karena mangrove mampu menahan erosi dan menangkap sediment hasil erosi.

Hutan mangrove/bakau adalah sebutan umum yang digunakan untuk menggambarkan suatu varietas komunitas pantai tropis atau subtropis yang didominasi oleh beberapa species pohon yang mempunyai kemampuan tumbuh dalam perairan asin.

Mangrove hanya dapat tumbuh pada pantai yang terlindung dari gerakan gelombang. Bila kondisi pantai terjal, bergelombang besar, mempunyai arus pasang surut yang kuat mangrove tidak dapat tumbuh. Hal ini disebabkan benih mangrove tidak dapat menjatuhkan akarnya dan tumbuh dengan sempurna.



Tumbuhan mangrove mempunyai bentuk perakaran yang khas, berupa akar napas, akar lutut dan akar tunjang yang tumbuh memanjang ke bawah dari batang dan akar, serta perkecambahan biji pada waktu buah masih menempel di pohon. Bentuk akar semacam ini mempunyai dampak yang menguntungkan. Gerakan air atau gelombang pantai menjadi lebih tenang dan merupakan jebakan partikel-partikel yang berasal dari pantai, sungai atau dari lingkungan sendiri akan mengendap, dan biasanya tidak dialirkan keluar lagi. Dengan demikian mangrove mempunyai kemampuan membuat daratan baru.

## BAB III

### INVENTARISASI DAN ANALISA DATA

#### 3.1 Umum

Dalam menyelesaikan suatu masalah, maka langkah selanjutnya yang perlu dilakukan adalah inventarisasi dan analisa data. Inventarisasi data ini berupa data primer dan data penunjang yang diperoleh dari peninjauan dan pengukuran langsung di lapangan atau dari instansi-instansi terkait maupun informasi yang dari penduduk setempat lokasi studi.

Inventarisasi data merupakan langkah awal dalam memecahkan suatu masalah. Demikian juga dalam masalah teknik pantai, maka diperlukan inventarisasi data yang biasanya terdiri dari gelombang, pasang surut, arus, angin, topografi, material dasar dan suspensi air laut.

Dari tahap inventarisasi data kemudian dilakukan tahap analisa data, perhitungan dan perencanaan, hingga didapatkan suatu kesimpulan dan saran.

#### 3.2 Sosial Ekonomi

Seperti daerah pantai lainnya penduduk Desa Kalibuntu pada umumnya hidup sebagai nelayan dengan pendapatan yang tergantung dari hasil tangkapan ikan di laut. Untuk bisa menampung dan mempermudah kegiatan para nelayan, maka pantai sebagai tempat bersandar perahu dan bongkar muat hasil tangkapan ikan sangat diperlukan.

Di Desa Kalibuntu juga dibangun Tempat Pelelangan Ikan yang langsung menghadap ke laut, sehingga memudahkan perahu untuk bongkar muat dan hasil tangkapan ikan dapat langsung dijual di TPI sebelum dijual ke pasaran.

Namun bongkar muat disini sangat tergantung dari pasang surut. Karena pantai Desa Kalibuntu termasuk pantai yang landai, dimana pada saat surut terendah muka air laut bisa mencapai 1200 m dari garis pantai. Sehingga pada saat air surut nelayan harus berjalan dari tengah laut dengan membawa hasil tangkapan ikan dan sambil menunggu air pasang ada seorang yang memandu perahu untuk dapat merapat dan bersandar didepan TPI.

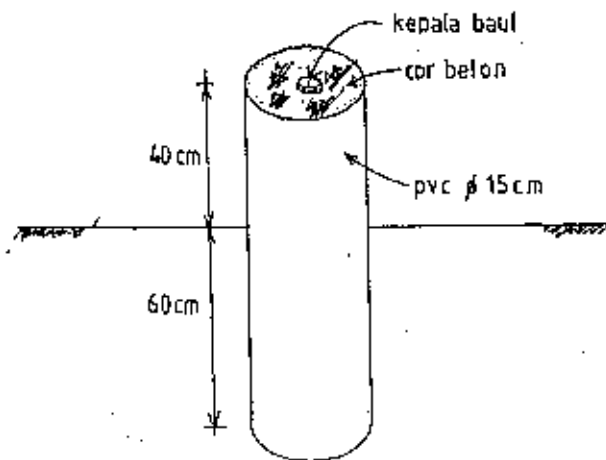
Demikian juga bila pada saat berangkat menangkap ikan kondisi air surut, maka nelayan harus berjalan ketengah laut dulu, karena sebelumnya perahu sudah dipandu di tengah laut. Apabila kondisi air pasang, maka perahu dapat dengan mudah bersandar dan bongkar muat didepan TPI.

Disamping sebagai nelayan penduduk Desa Kalibuntu usaha lain yang ada adalah sebagai pengusaha tambak garam. Namun pada akhir-akhir ini oleh pengusaha yang mempunyai modal besar, tambak garam tersebut banyak yang diubah menjadi tambak udang yang dirasakan lebih menguntungkan disamping dengan membuka lahan baru yang biasanya dilakukan dengan menebang pohon bakau. Pertanian di Desa Kalibuntu biasanya berupa lahan tadah hujan dengan tanaman polowijo (jagung dan kedelai) dan padi di musim penghujan.

### 3.3 Topografi

Pengukuran topografi dilakukan untuk menentukan posisi setiap titik yang ada di daerah studi, baik arah vertikal maupun horisontal. Pengukuran topografi terdiri dari poligon, waterpass, profil dan situasi.

Sebelum melakukan pengukuran topografi terlebih dahulu dipasang patok Bench Mark atau patok polygon yang diberi notasi BM. Patok Bench Mark dibuat dari beton bertulang dan pipa pvc berdiameter 15 cm dan panjang 100 cm yang dipasang pada jarak  $\pm$  100 m. Jumlah keseluruhan patok BM ada 24 buah yang dipasang sepanjang pantai daerah studi.



Gambar 3.1 Prespektif patok Bench Mark

Beberapa ketentuan dasar dalam pengukuran topografi sebagai referensi adalah sebagai berikut :

- Koordinat awal dipakai titik BM1 sebagai koordinat  $x = 0.000$  dan  $y = 0.000$
- Elevasi awal dipakai lantai TPI sebagai elevasi  $\pm 0.000$
- Arah utara dipakai utara magnetis

### 3.3.1 Situasi

Pengukuran situasi dilakukan untuk mendapatkan situasi daerah studi (perumahan, tambak, hutan bakau, jalan, sungai) dan kontur kedalaman di sepanjang pantai daerah studi.

Pengukuran situasi dilakukan dengan cara tachimetri yaitu dengan mengukur bacaan rambu ukur, sudut vertikal dan horizontal, sehingga didapatkan koordinat dan elevasi titik tertentu. Hasil pengukuran situasi dapat dilihat pada Lampiran A.1.

### 3.3.2 Polygon

Polygon sebagai kontrol horizontal dilakukan untuk menentukan posisi horizontal setiap titik yang ada di daerah studi. Titik ini diidentifikasi dengan memasang patok BM di sepanjang pantai daerah studi. Pengikatan polygon didasarkan pada BM1 sebagai koordinat (0.000; 0.000).

Pengukuran polygon meliputi jarak dan arah azimuth magnetisnya. Pengukuran dilakukan dengan cara polygon terbuka, dimana setiap arah diukur azimuthnya secara bolak-balik. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan kesalahan atraksi lokal.

### 3.3.3 Waterpass

Waterpass atau leveling sebagai kontrol vertikal dilakukan untuk menentukan elevasi setiap titik yang ada di daerah studi. Pengikatan pengukuran waterpass didasarkan pada lantai TPI sebagai elevasi ± 0.000.

Pengukuran waterpass dilakukan pada setiap patok BM atau patok poligon. Pengukuran dilakukan dengan cara double stand, dimana tempat berdiri pesawat diusahakan terletak ditengah-tengah dua patok polygon yang diukur. Hal ini dilakukan untuk menghindari kesalahan nivo.

#### 3.3.4 Profil

Pengukuran profil dilakukan untuk mendapatkan gambaran profil melintang pantai. Pengukuran profil dilakukan pada tiap-tiap patok BM kearah laut tegak lurus garis pantai sepanjang  $\pm 225$  m.

Pengukuran profil dilakukan dengan menggunakan alat ukur waterpass. Hal ini masih memungkinkan mengingat profil pantai yang landai. Hasil pengukuran profil dapat dilihat pada Lampiran A.2.

#### 3.4 Angin

Keadaan angin yang berhembus di laut mempengaruhi muka air laut. Bila angin yang kuat berhembus diatas permukaan laut dalam waktu dan kecepatan tertentu, maka akan ada energi yang dialihkan dari udara ke muka air. Dari energi inilah timbul gelombang.

Gelombang yang terjadi di laut dalam bergerak menuju pantai mengeluarkan sebagian energinya di surf zone. Dimana energi tersebut diubah menjadi energi panas dan energi suara melalui gerakan turbulen yang diakibatkan oleh pecahnya gelombang dan gesekan dasar laut. Pecahnya gelombang ini

sangat penting, karena efeknya akan mempengaruhi morfologi pantai maupun bangunan disepanjang pantai.

Pada studi ini data angin didapat dari hasil pengamatan yang rinci tahun 1982 (Soekardjono, S., et al, 1983), seperti pada

Tabel 3.1 Keadaan angin di Probolinggo

A R A H	CALM < 1 MPH		1-12 MPH		13-18 MPH		19-24 MPH		24 > MPH		T o t a l	
	relatif	%	relatif	%	relatif	%	relatif	%	relatif	%	relatif	%
Utara	20	0.54	386	10.50	67	1.82	4	0.11	0	0.00	477	12.97
Utara - Timur Laut	1	0.03	98	2.67	93	1.17	3	0.08	0	0.00	195	3.99
Timur Laut	12	0.33	684	18.60	221	6.01	9	0.24	0	0.00	926	25.18
Timur - Timur Laut	1	0.03	22	0.60	8	0.22	0	0.00	0	0.00	31	0.84
Timur	7	0.19	135	3.67	9	0.24	1	0.03	0	0.00	152	4.13
Timur - Tenggara	2	0.05	17	0.46	6	0.16	2	0.05	0	0.00	27	0.73
Tenggara	41	1.12	561	15.26	169	4.60	76	2.07	85	2.31	932	25.35
Selatan - Tenggara	3	0.08	83	2.26	10	0.27	12	0.33	9	0.24	117	3.18
Selatan	25	0.68	260	7.07	43	1.17	7	0.19	2	0.05	337	9.17
Selatan - Barat Daya	4	0.11	11	0.30	2	0.05	1	0.03	0	0.00	18	0.49
Barat Daya	20	0.54	80	2.18	6	0.16	0	0.00	3	0.08	109	2.96
Barat - Barat Daya	0	0.00	2	0.05	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.05
Barat	17	0.46	76	2.12	10	0.27	4	0.11	3	0.08	112	3.05
Barat - Barat Laut	4	0.11	19	0.52	9	0.24	0	0.00	0	0.00	32	0.87
Barat Laut	14	0.38	191	5.19	10	0.27	6	0.16	5	0.14	226	6.15
Utara - Barat Laut	4	0.11	24	0.65	6	0.16	0	0.00	0	0.00	30	0.82
	175	4.76	2651	72.10	619	16.83	125	3.40	107	2.91	3677	100

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa :

- Angin yang dominan datang dari laut ke darat adalah dari arah Barat Laut, Utara dan Timur Laut.
- Perubahan arah angin yang ada adalah pengaruh dari musim.
- Frekwensi angin yang terbesar angin yang terbesar terjadi pada skala 1-12 mph.
- Selama pengamatan tersebut angin yang paling kencang datang dari arah Barat Laut dengan kecepatan >24 mph.

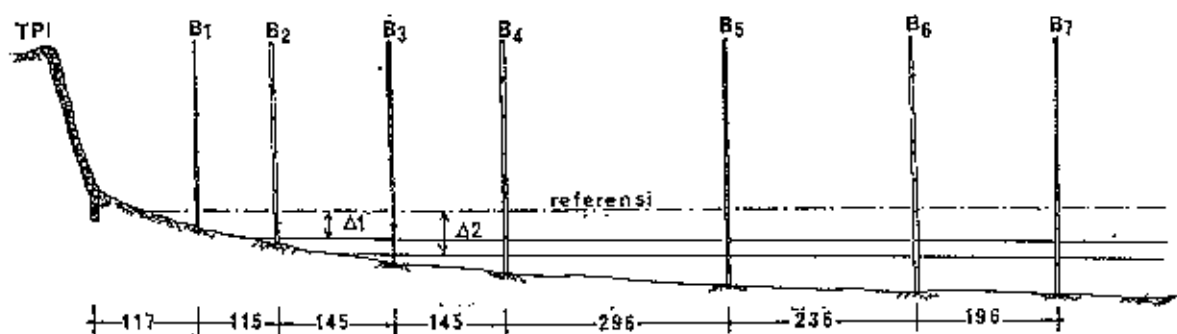
### 3.5 Pasang surut

Permukaan air laut naik turun secara teratur sekali atau dua kali atau mungkin lebih dalam sehari, gejala ini disebut gerakan pasang surut.

Gerakan pasang surut dipengaruhi oleh benda-benda di langit terutama bulan dan matahari. Kedua benda langit ini menyebabkan setiap masa di bumi akan mengalami gaya sentrifugal dan gaya tarik. Resultante dari gaya-gaya inilah yang akan menyebabkan permukaan air laut selalu berubah dari waktu ke waktu. Perubahan muka air laut ini merupakan suatu fenomena yang sangat penting.

Dalam studi ini data pasang surut didapat dari hasil pengukuran di lapangan dengan memasang peilschale didepan TPI. Melihat kondisi pantai yang sangat landai maka, pada saat air surut peilschale sudah tidak terkena air, karena muka air sudah jauh ketengah laut. Pada saat surut air laut bisa mencapai 1200 m dari garis pantai.

Untuk mengatasi hal tersebut diatas, maka dipasang 7 buah bambu kearah laut sampai sejauh muka air laut pada saat surut, dimana setiap bambu tersebut mempunyai referensi yang sama terhadap peilschale (lihat Gambar 3.2).

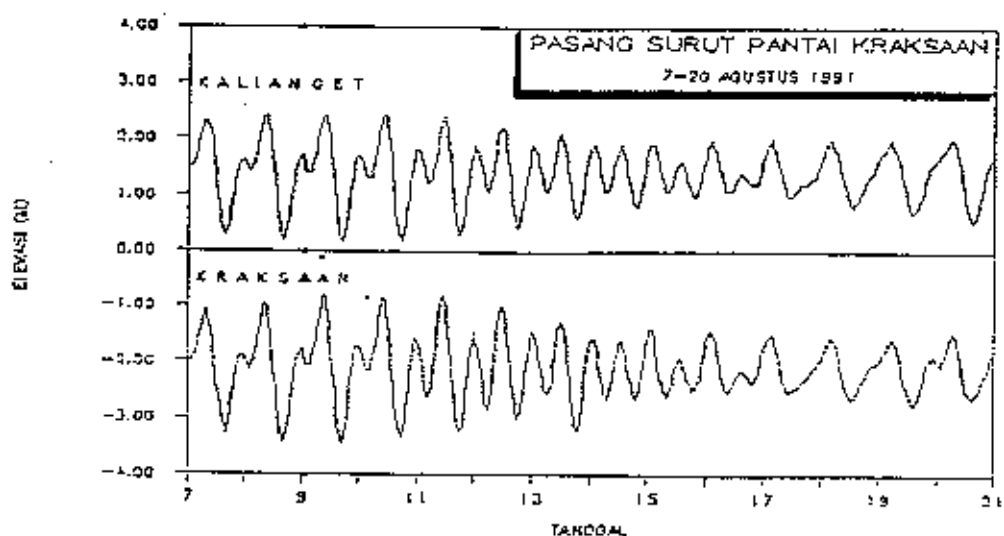


Gambar 3.2 Bambu untuk pengamatan pasang surut



Pada saat air pasang pengamat mengukur dan membaca langsung pada peilschale yang dipasang didepan TPI. Pada saat air mulai surut dimana peilschale sudah tidak terkena air, pengamat harus turun ke pantai dan mengukur jarak air ke titik referensi pada B1 (D). Bila B1 tidak terkena air, maka pengamat maju ke B2 dan bila B2 tidak terkena air maju ke B3 dan seterusnya.

Pengukuran pasang surut di lakukan setiap 15 menit selama 15 hari dari hasil pengukuran kemudian digambarkan fluktuasi muka air laut untuk mengetahui pola pasang surut di daerah studi.



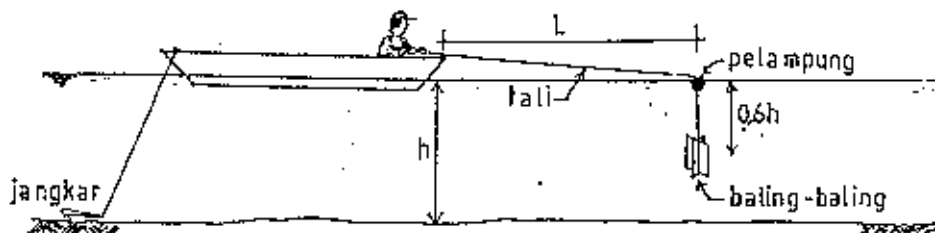
Gambar 3.3 Pola pasang surut pantai Kalibuntu

Dari gambar pasang surut diatas dapat dilihat bahwa pola pasang surut di pantai Desa Kalibuntu dibandingkan dengan peramalan pasang surut dari Tabel Hidral dari stasiun pengamatan Kalianget mempunyai pola yang sama, yaitu bertipe campuran (mix) dimana yang dominan bertipe semidiurnal. Ini berarti Tabel Hidral tersebut dapat digunakan untuk meramal-

Kan pasang surut di pantai Kraksaan dan sekitarnya. Pada saat spring tide beda elevasi saat pasang dan surut mencapai 2.65 m, hal ini bisa lebih besar lagi bila kedudukan bulan dan matahari dalam satu garis.

### 3.6 Arus

Dalam studi data arus didapat dari hasil pengukuran di laut. Pengukuran arus dilakukan dengan menggunakan floating current meter yang dilepaskan dari atas perahu (lihat Gambar 3.4). Kecepatan arus didapat dengan mengukur panjang tali dan waktu yang diperlukan sepanjang tali tersebut. Waktu diukur dengan stop watch dan arah arus diukur dengan kompas.



Gambar 3.4 Pengukuran arus dengan floating current meter

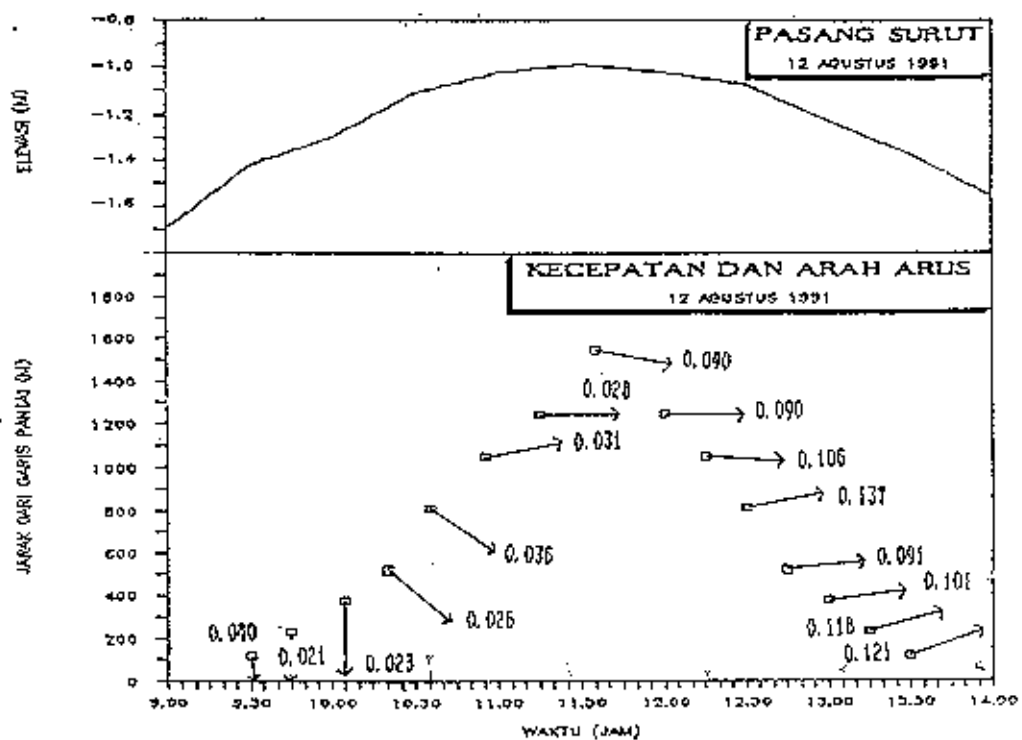
Pengukuran arus dilakukan pada tanggal 12 Agustus 1991, secara berjalan mulai dari TPI ke arah laut. Setiap lokasi pengukuran diambil tiga titik, yaitu pada 0.2h, 0.6h dan 0.8h dari kedalaman air laut setempat. Dan setiap pengamatan dicatat waktu pengukuran, kecepatan dan arah arus.

Mengingat kondisi pantai Kalibuntu cukup landai, maka pengukuran tidak dapat dilakukan di dekat pantai pada saat air surut. Oleh karena itu pengukuran arus dilakukan pada

saat mendekati air pasang tertinggi, sehingga memungkinkan pengukuran arus mulai dari pantai sampai tengah laut. Hasil pengukuran arus seperti pada tabel berikut.

Tabel 3.2 Pengukuran arus di pantai Kalibuntu

jam	jarak dari TPI	jarak (m)	waktu (s)	v (m/s)	arah (°)	d (m)
09.30	117	12.00	300	0.040	175	0.90
09.45	232	6.70	326	0.021	182	1.10
10.05	377	7.00	300	0.023	180	1.25
10.20	522	7.75	300	0.026	130	1.50
10.35	818	10.75	300	0.036	125	1.70
10.55	1054	9.25	300	0.031	80	2.50
11.15	1250	8.25	300	0.028	90	3.10
11.35	1550	12.00	300	0.040	100	3.90
12.00	1250	17.25	191	0.090	90	3.00
12.15	1054	17.25	162	0.106	95	2.45
12.30	818	17.25	126	0.137	80	1.70
12.45	522	15.25	168	0.091	85	1.45
12.50	377	17.00	169	0.101	83	1.40
13.15	232	17.25	146	0.118	76	1.35
13.30	117	17.25	142	0.121	73	1.05



Gambar 3.5 Hubungan pasang surut dan arus

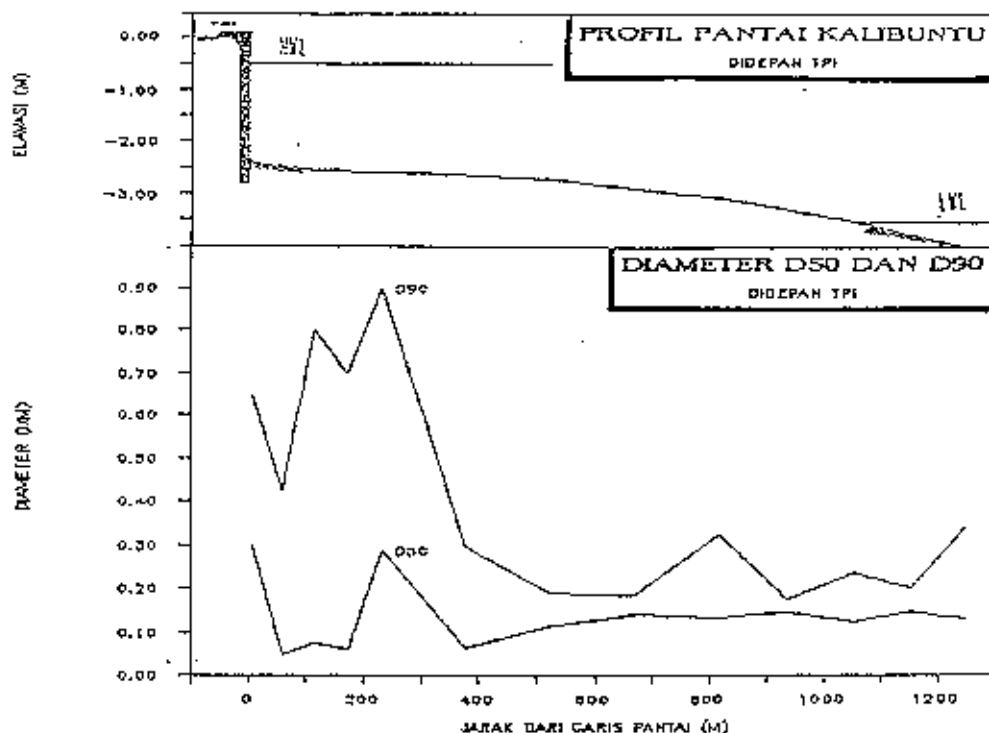
Dari data arus pada tabel diatas dapat dicari hubungannya dengan pasang surut, yaitu dengan menggambar pola pasang surut yang terjadi bersama dengan waktu pengukuran arus dan menggambar Kecepatan dan arah arus. Gambar 3.5 menunjukkan hubungan pasang surut dengan arus di lokasi studi. Terlihat bahwa arah arus dipengaruhi oleh pasang surut, sedang pengaruhnya terhadap Kecepatan arus relatif kecil

### 3.5 Material dasar

Analisa material dasar dimaksudkan untuk mengetahui jenis material di dasar laut (gravel, sand, silt). Material dasar penting dalam analisa sediment transport. Pengambilan sampel telah dilakukan di beberapa lokasi studi, yaitu pada lokasi bambu-bambu pengukuran pasang surut. Untuk selanjutnya sampel dianalisa di laboratorium. Dalam hal ini analisa material dasar terdiri dari gradasi dan spesifik gravity.

Tabel 3.3 Gradasi material

Lokasi	Jarak (m)	Komposisi (%)			Diameter (mm)		Gs
		gravel	sand	silt	D50	D90	
B-1	7.55	-	86.03	13.97	0.300	0.650	2.85
	62.30	-	33.37	66.63	0.048	0.425	2.73
B-2	117.05	-	49.95	50.05	0.075	0.800	2.76
	174.35	-	47.31	52.69	0.060	0.700	2.83
B-3	231.65	-	87.68	12.32	0.290	0.900	2.65
	376.65	-	46.72	53.28	0.065	0.300	2.84
B-4	521.65	-	74.03	25.97	0.115	0.190	2.65
	669.65	-	91.06	8.94	0.140	0.185	2.67
B-5	817.65	-	92.49	7.51	0.135	0.325	2.61
	935.90	-	88.00	12.00	0.145	0.175	2.63
B-6	1054.15	-	87.01	12.99	0.125	0.235	2.91
	1152.03	-	91.37	8.63	0.145	0.200	2.85
B-7	1249.90	-	72.27	27.73	0.130	0.340	2.98



Gambar 3.6 Diameter  $D_{50}$  dan  $D_{90}$

Dari analisa gradasi material dan gambar tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa :

- Gradasi material dasar diameternya mempunyai range antara 0.15-0.1 mm.
- Komposisi material terdiri dari sand dan silt.
- Pada jarak tertentu gradasi material dasar laut besar, terlihat diameter  $D_{90}$  dan  $D_{50}$  yang besar. Hal ini merupakan tempat terjadinya gelombang pecah.
- Gradasi pada lokasi dekat pantai lebih kecil dibanding yang jauh dari laut. Hal ini dapat dilihat dari  $D_{50}$  yang lebih kecil dikarenakan bercampurnya endapan dari daratan.
- Rata-rata spesifik gravity sebesar  $2.77 \text{ t/m}^3$ , sedang yang terbesar  $2.98 \text{ t/m}^3$  dan terkecil  $2.61 \text{ t/m}^3$ .

## BAB IV

### SEDIMENT TRANSPORT

#### 4.1 Umum

Analisa sediment transport sangat penting dalam teknik pantai untuk mendapatkan gambaran besar dan arah sediment transport yang terjadi. Proses sediment transport pada dasarnya terdiri dari 3 gerakan, yaitu :

- gerakan ke atas material dasar yang terbawa dalam suspensi air laut orbital motion gelombang,
- perpindahan horizontal dari material akibat arus,
- akumulasi material setelah arus lemah.

Sediment transport diklasifikasikan menjadi 2, yaitu sediment transport yang arahnya tegak lurus terhadap garis pantai (cross-shore sediment transport) dan sediment transport yang sejajar garis pantai (longshore sediment transport).

Perilaku perubahan garis pantai dalam waktu yang lama dipengaruhi oleh gradient longshore sediment transport, sedang perubahan garis pantai dalam waktu pendek merupakan pengaruh dari cross-shore sediment transport.

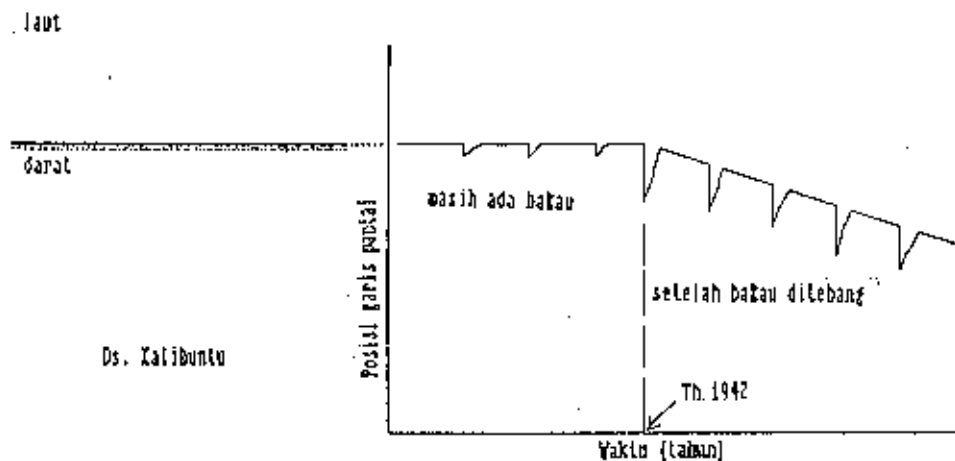
Perubahan pantai ini merupakan keseimbangan alam yang dipengaruhi oleh musim. Pada analisa sediment transport ini lebih difokuskan pada longshore sediment transport yang merupakan penyebab erosi pada pantai.

Setelah didapatkan gambaran besar dan arah sediment transport, kemudian dibandingkan dengan analisa morfologi pantai dari masing-masing pengukuran profil untuk mendapatkan gambaran penyebab terjadinya erosi.

#### 4.2 Pendekatan awal

Pendekatan awal dimaksudkan untuk memberikan gambaran mengenai perilaku pantai Kalibuntu sebelum terjadi erosi sampai saat ini. Berdasarkan informasi dari instansi terkait maupun dari penduduk setempat, dulu sekitar tahun 1942 pantai Kalibuntu menjorok ke arah laut 1300 m dari garis pantai yang ada sekarang dan terdapat hutan bakau yang cukup lebat.

Berdasarkan informasi tersebut dapat diasumsikan, bahwa pantai Kalibuntu dulu merupakan pantai yang stabil. Kemudian dengan hilangnya hutan bakau terjadilah erosi. Perubahan kondisi pantai, dari pantai yang bisa menahan gelombang menjadi pantai yang gundul akan menimbulkan keseimbangan baru di lokasi tersebut dan sekitarnya sehingga terjadi erosi.



Gambar 4.1 Pendekatan perilaku pantai Kalibuntu

Gambar 4.1 menunjukkan asumsi perilaku pantai Kalibuntu sebelum dan setelah mengalami erosi. Dari gambar tersebut yang menjadi permasalahan adalah apa faktor yang menyebabkan terjadinya erosi, sedangkan waktu terjadinya erosi sejak penduduk setempat menebang bakau pada tahun 1942..

M O D E L		C L A S S I F I C A T I O N	
CERC Formula		Bulk energy model	
Davies and Kamphuis (1985)		Bulk energy model, includes grain size and beach slope.	
Sayao, Naito and Kamphuis (1985)		Bulk energy model, includes grain size and beach slope.	
Bljker (1971)		Base on bed and suspended load concentration with a background current, no incipient motion criterion.	
Engelund-Hansen, [1976] adaptation by Swart		Base on bed and suspended load concentration with a background current, no incipient motion criterion.	
Fleming (1977)		Base on bed load and suspended load concentration with a background current, includes an incipient motion criterion.	
Ackers-White, adaptation by Van de Graaf and Van Overbeek (1979)		Includes an incipient motion criterion, includes an incipient motion criterion.	
Ackers-White, adaptation by Fleming and Swart (1982)		Includes an incipient motion criterion derived from a wide range of wave and current conditions.	
Nijzen (1979, 1985)		Base on bed load and suspended load concentration with a background current, includes an incipient motion criterion.	

Tabel 4.1 Perumusan sediment transport

Dalam pemilihan perumusan yang dipakai untuk menghitung besarnya sediment transport didasarkan atas faktor penyebab terjadinya longshore sediment transport. Faktor yang menyebabkan terjadinya longshore transport adalah gelombang atau arus atau kombinasi keduanya.

Ada beberapa perumusan sediment transport yang telah dikembangkan (lihat Tabel 4.1), dimana pada umumnya perumusan tersebut didasarkan atas energi gelombang dan arus. Satu diantaranya yang sering dipakai untuk menghitung dalam analisa sediment transport adalah CERC Formula. Sedangkan Bljker dipakai apabila arus yang terjadi cukup besar.

4.3 Perumusan sediment transport



#### 4.3.1 CERC Formula

CERC Formula dikembangkan oleh US Army Coastal Engineering Research Center. Pada perumusan ini diasumsikan bahwa konsentrasi gerakan sediment terjadi di surf zone atau daerah gelombang pecah.

Perumusan ini menunjukkan hubungan antara volume sediment per satuan waktu sepanjang pantai dengan energi flux dalam satuan panjang puncak gelombang yang bergerak menuju pantai. Perumusan ini tidak mencantumkan variabel arus, namun tercermin secara implisit pada variabel gelombang.

CERC Formula hanya dapat digunakan untuk menentukan angkutan total dan tidak dapat memberikan informasi tentang distribusi angkutan pada surf zone. Ukuran pasir relatif seragam dengan diameter 175 - 1000  $\mu\text{m}$ . Gaya yang bekerja hanya didasarkan pada gelombang saja dan tidak memperhitungkan kemiringan pantai. Pada shoal, dumping grounds atau near dredged channels perumusan ini tidak dapat digunakan.

Perumusan CERC Formula adalah sebagai berikut :

$$S = 0.02 H_o^2 C_o \cos(Q_o) \sin(Q_b)$$

dimana :

$S$  = longshore sediment transport ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$H_o$  = tinggi gelombang significant di laut dalam (m)

$C_o$  = kecepatan merambat gelombang di laut dalam (m/s)

$Q_o$  = sudut antara puncak gelombang dan kontur kedalaman di laut dalam ( $^\circ$ )

$Q_b$  = sudut antara puncak gelombang pecah dan kontur kedalaman di surf zone ( $^\circ$ )

#### 4.3.2 Bijker Formula

Perumusan sediment transport ini dikembangkan oleh Bijker (1971). Perumusan ini didasarkan pada arus dan gelombang. Dalam hal ini gelombang menimbulkan turbulensi, sehingga terjadi gerakan sediment di dasar laut (bed load) dan gerakan sediment di dalam air (suspended load). Oleh karena itu perumusan ini ditulis dalam 2 komponen, yaitu bed load transport dan suspended load transport.

Bijker Formula mampu memberikan informasi tentang distribusi gerakan di surf zone. Perumusan ini tidak memandang apakah gerakan sediment yang terjadi disebabkan oleh gelombang atau arus, jadi berlaku untuk semua kondisi sediment.

##### Bed load transport

$$S_b = \frac{5 D_{50} V |g|}{C} \exp \left( \frac{-0.27 \Delta D_{50} \rho g}{\mu \tau_{cr}} \right)$$

dimana :

$S_b$  = Bed load transport (m /s)

$D_{50}$  = diameter butiran (mm)

$V$  = kecepatan arus rata-rata (m/s)

$C$  = koefisien chezy

$$= 18 \log(12h/r)$$

$r$  = kekasaran dasar laut

$g$  = percepatan gravitasi

$\Delta$  = Kepadatan relatif material dasar

$$= (\rho_s - \rho) / \rho$$

$\rho_s$  = kepadatan massa material dasar

$\rho$  = kepadatan massa air laut

$\mu$  = ripple factor

$$= (C/C_{90})$$

$C_{90}$  = koefisien chezy didasarkan  $D_{90}$

$\tau_{cr}$  = tegangan geser dasar laut akibat gelombang dan arus

#### Suspended load transport

$$S_s = 1.83 Q S_b$$

dimana :

$$Q = I_1 \ln(33h/r) + I_2$$

$I_1, I_2$  = integral einstein

maka longshore sediment transport,

$$S_x = S_b + S_s$$

$$= (1 + 1.83 Q) S_b$$

Dari kedua perumusan tersebut diatas tampaknya CERC Formula lebih sederhana dibanding Bijker Formula, namun dalam penggunaannya CERC Formula mempunyai keterbatasan. Sedang Bijker Formula meski lebih rumit, dalam penggunaannya lebih luas.

#### 4.4 Perhitungan sediment transport

Mengingat arus yang terjadi pada daerah studi relatif kecil sekali (0.01 - 0.29 m/s) dan material dasar laut berupa pasir dengan range antara 175-100  $\mu m$ , maka pada analisa

sediment dipakai metode CERC Formula. Pada CERC Formula terdiri dari beberapa parameter sebagai masukan data.

Sebelum mulai melakukan perhitungan sediment transport, maka terlebih dahulu ditetapkan beberapa asumsi sebagai berikut :

- pembagian garis pantai yang lurus
- asumsi kontur kedalaman lurus dan paralel (meskipun garis kontur tidak teratur tetapi pada jarak yang pendek).
- asumsi besarnya breaking index

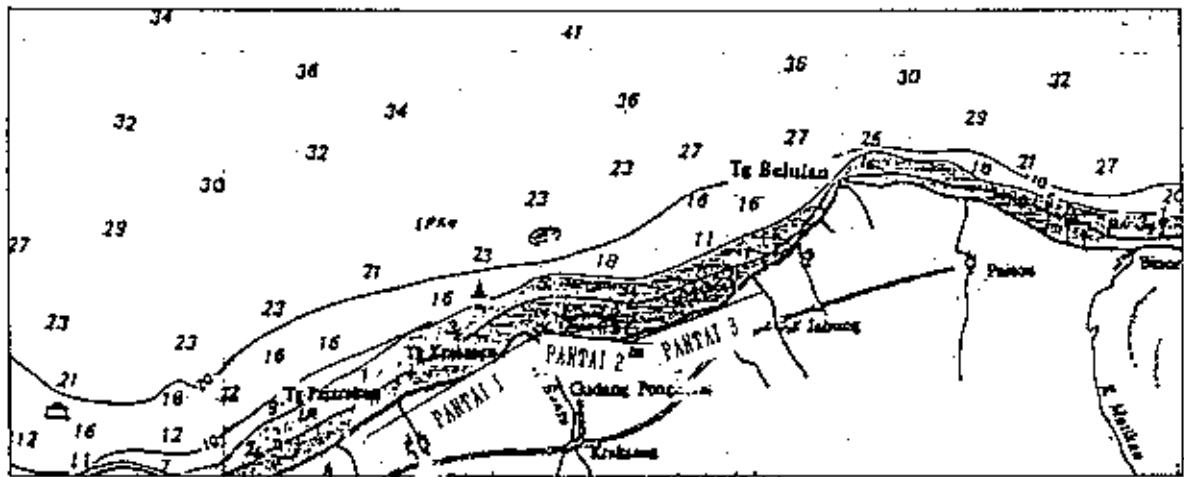
Untuk mendapatkan perhitungan sediment transport yang cepat, teliti dan mampu melakukan iterasi atau proses ulang dengan cepat, maka dibuat suatu program komputer.

#### 4.4.1 Skematisasi garis pantai

Dalam analisa sediment transport dengan CERC Formula posisi garis pantai menentukan arah dan besarnya sediment yang terjadi. Garis pantai ini dibagi-bagi menjadi beberapa bagian, dimana setiap bagian mempunyai kedudukan yang sama terhadap arah gelombang atau menurut kontur kedalaman pantai yang dianggap lurus. Dalam studi ini garis pantai dibagi dalam 3 bagian seperti terlihat pada Gambar 4.2.

Skematisasi garis pantai :

- Garis Pantai-1,  $\alpha = 58^\circ$
- Garis Pantai-2,  $\alpha = 97^\circ$
- Garis Pantai-3,  $\alpha = 71^\circ$



Gambar 4.2 Skematisasi garis pantai daerah studi

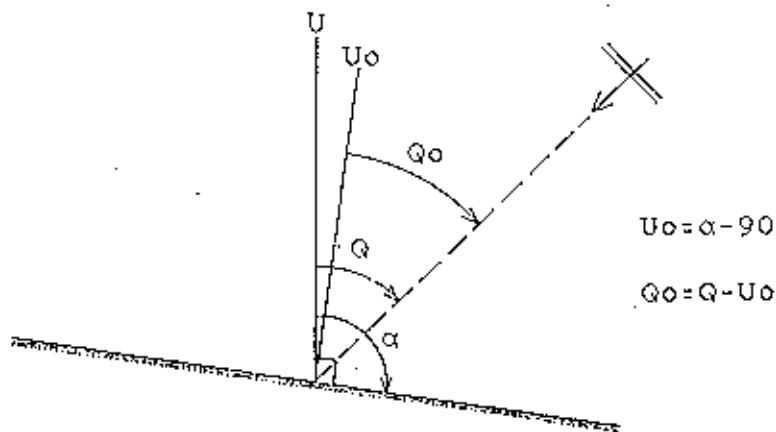
#### 4.4.2 Data yang diperlukan

Pada perumusan CERC Formula, data yang diperlukan terdiri dari arah gelombang datang ( $Q$ ), tinggi gelombang ( $H$ ) dan periode gelombang ( $T$ ) serta frekwensi Kejadian gelombang ( $f$ ). Untuk mengetahui gelombang yang terjadi diperlukan data fetch efektif ( $F$ ) dan data angin, dimana durasi atau lama angin berhembus dianggap cukup lama.

##### a. Arah gelombang datang

Arah gelombang datang diperlukan untuk menghitung sudut puncak gelombang terhadap kontur Kedalaman di laut dalam ( $Q_0$ ). Oleh karena kontur Kedalaman diasumsikan lurus dan paralel dengan garis pantai, maka besarnya  $Q_0$  sama dengan besarnya sudut antara puncak gelombang di laut dalam dengan garis pantai.

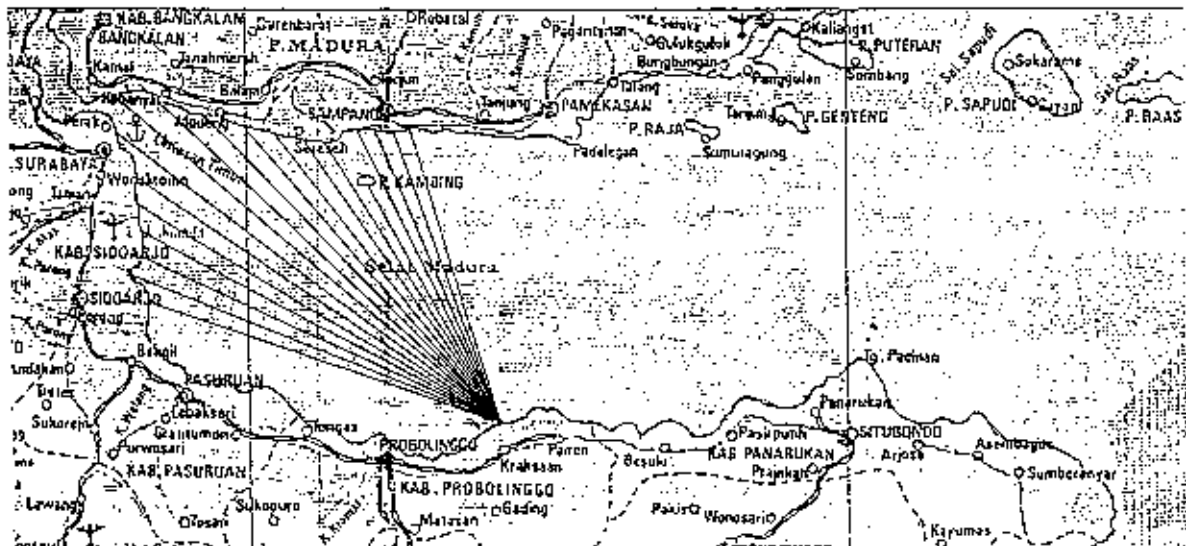
Dalam studi ini ditinjau 5 arah gelombang yang dianggap berpengaruh pada daerah studi, yaitu Barat Laut, Utara - Barat Laut, Utara, Utara - Timur Laut dan Timur Laut



Gambar 4.3 Skema mencari besarnya  $Q_0$

#### B. Fetch efektif (F)

Panjang fetch efektif dihitung dengan menggunakan cara grafis, yaitu membuat 9 radial kearah kiri dan Kanan dengan interval  $3^\circ$  pada arah fetch yang ditinjau (Shore Protection Manual, 1984). Tentu saja perhitungan panjang fetch efektif ini sesuai dengan arah gelombang yang ditinjau (lihat Gambar 4.3 ).



Gambar 4.4 Perhitungan fetch efektif arah Barat Laut

Dengan cara yang sama (lihat Lampiran C.1) didapat panjang fetch efektif untuk masing-masing arah gelombang seperti pada tabel berikut.

Tabel 4.2 Perhitungan fetch efektif di daerah studi

$\theta$	$\cos(\theta)$	BL		U-BL		U		U-TL		TL	
		X	X cos( $\theta$ )	X	X cos( $\theta$ )	X	X cos( $\theta$ )	X	X cos( $\theta$ )	X	X cos( $\theta$ )
-27	0.891	13.50	12.03	18.00	16.04	12.15	11.36	11.50	10.25	14.05	12.52
-23	0.914	13.35	12.20	18.75	17.13	10.60	9.68	11.50	10.51	14.35	13.11
-21	0.934	14.95	13.96	17.45	16.29	12.20	11.39	11.50	10.74	12.00	11.20
-18	0.951	14.65	13.93	16.15	15.36	12.00	11.41	11.95	10.89	15.30	14.55
-15	0.966	3.15	3.04	14.95	14.44	11.95	11.54	11.40	11.01	15.55	15.02
-12	0.978	2.95	2.89	14.05	13.74	11.80	11.54	11.35	11.10	12.60	12.32
-9	0.988	16.30	16.10	13.35	13.19	11.60	11.46	10.95	10.82	13.65	13.48
-6	0.995	17.20	17.11	13.00	12.93	11.50	11.44	11.55	11.49	14.45	14.35
-3	0.999	19.10	19.07	10.90	10.89	11.50	11.48	14.25	14.23	15.50	15.48
0	1.000	18.00	18.00	10.40	10.40	11.55	11.55	14.80	14.80	16.20	16.20
3	0.999	16.60	16.58	12.25	12.23	11.40	11.38	15.15	15.13	16.20	16.18
6	0.995	15.45	15.37	11.95	11.88	11.45	11.39	12.00	11.93	24.10	23.97
9	0.988	14.55	14.37	11.85	11.70	11.40	11.26	15.65	15.46	23.45	23.16
12	0.978	13.20	12.91	11.60	11.35	11.30	11.05	13.65	13.35	23.35	22.84
15	0.966	13.00	12.56	11.55	11.16	11.45	11.06	13.70	13.23	24.05	23.23
18	0.951	12.75	12.13	11.80	10.94	14.05	13.36	18.55	17.64	27.25	25.92
21	0.934	10.60	9.90	11.50	10.74	14.35	13.40	15.85	14.80	1.25	1.17
24	0.914	12.20	11.15	11.50	10.51	12.00	10.96	16.20	14.80	1.25	1.14
27	0.891	12.00	10.69	11.45	10.20	15.30	13.63	24.10	21.47	1.20	1.07
18.23		293.96		291.11		220.36		253.64		260.91	
Fetch (cm)		13.38		13.23		12.09		13.91		15.41	
Fetch (km)		66.92		66.14		60.44		69.57		77.05	

### c. Gelombang

Perhitungan tinggi gelombang di daerah studi digunakan perumusan SMB untuk fetch limited, karena lokasi studi adalah berupa teluk (Shore Protection Manual, 1984) yang didasarkan pada angin dan panjang fetch efektif.

$$H_s = 5.112 \cdot 10^{-4} U_a F^{0.5}$$

dimana :

$H_s$  = tinggi gelombang significant di alut dalam (m)

$F$  = panjang fetch efektif (m)

$U_a$  = wind speed factor (m/dt)

=  $0.71 U^{1.23}$

$U$  = Kecepatan angin (m/dt)

Hasil perhitungan tinggi gelombang dari masing-masing arah seperti pada tabel berikut :

Tabel 4.3 Tinggi gelombang di pantai Kalibuntu

U (mph)	U (m/t)	$U_a$ (m/t)	BL	U-BL	U	U-TL	TL
			Fetch (m)				
			66920	66140	60440	69570	77050
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.447	0.264	0.035	0.035	0.033	0.036	0.037
2	0.894	0.618	0.082	0.081	0.078	0.083	0.088
3	1.340	1.018	0.135	0.134	0.128	0.137	0.144
4	1.787	1.450	0.192	0.191	0.182	0.195	0.206
5	2.234	1.908	0.252	0.251	0.240	0.257	0.271
6	2.681	2.388	0.316	0.314	0.300	0.322	0.339
7	3.127	2.886	0.382	0.379	0.363	0.389	0.409
8	3.574	3.401	0.450	0.447	0.427	0.459	0.483
9	4.021	3.932	0.520	0.517	0.494	0.530	0.558
10	4.468	4.476	0.592	0.588	0.562	0.603	0.635
11	4.914	5.032	0.665	0.661	0.632	0.678	0.714
12	5.361	5.601	0.741	0.736	0.704	0.755	0.795
13	5.808	6.180	0.817	0.812	0.777	0.833	0.877
14	6.255	6.770	0.895	0.890	0.851	0.913	0.960
15	6.701	7.370	0.974	0.969	0.926	0.993	1.046
16	7.148	7.978	1.055	1.049	1.003	1.076	1.132
17	7.595	8.596	1.137	1.130	1.080	1.159	1.220
18	8.042	9.222	1.219	1.212	1.159	1.243	1.308
19	8.488	9.856	1.303	1.296	1.238	1.329	1.398
20	8.935	10.498	1.388		1.319	1.415	1.489
21	9.382	11.148	1.474		1.401	1.503	1.582
22	9.829	11.804	1.561		1.483	1.591	1.675
23	10.276	12.467	1.648		1.567	1.681	1.769
24	10.722	13.137	1.737		1.651	1.771	1.864
25	11.169	13.814	1.826		1.736	1.862	1.960



Setelah tinggi gelombang dihitung, kemudian dicari frequency of occurrence gelombang. Dalam hal ini perhitungan frequency of occurrence digunakan pendekatan statistik yaitu mengikuti distribusi Rayleigh.

Dari data angin (Bab III) didapat frekwensi relatif gelombang seperti pada Tabel 4.4. Dari tabel tersebut dapat dicari frequency of exceedance gelombang untuk masing-masing arah seperti pada Tabel 4.5.

Tabel 4.4 Frekwensi relatif gelombang

U (mph)	Frequency (%)				
	BL	U-BL	U	U-TL	TL
calm<1	0.381	0.109	0.544	0.027	0.326
1-12	5.194	0.653	10.498	2.665	18.602
13-18	0.272	0.163	1.822	1.169	6.010
19-24	0.163	0.000	0.109	0.082	0.245
>24	0.136	0.000	0.000	0.000	0.000
Jumlah	6.146	0.925	12.973	3.943	25.183

Tabel 4.5 Frequency of exceedance gelombang

U (mph)	Frequency of exceedance (%)				
	BL	U-BL	U	U-TL	TL
calm<1	6.146	0.925	12.973	3.943	25.183
1-12	5.765	0.816	12.429	3.916	24.857
13-18	0.571	0.163	1.931	1.251	6.255
19-24	0.299	0.000	0.109	0.082	0.245
>24	0.136	0.000	0.000	0.000	0.000

Dari Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 dapat digambarkan hubungan antara H dan p(H) pada kertas semilog, dimana p(H) pada skala logaritmis. Kemudian dianalisa regresi dengan data H sebagai

data-X dan  $\log(p)$  sebagai data-Y hingga didapatkan garis regresinya. Sebagai contoh diambil data gelombang dari arah Barat Laut.

Hs (m)	p (%)	$\log(p)$
0.000	5.146	0.709
0.037	5.765	0.761
0.861	0.571	-0.243
1.374	0.299	-0.524
1.925	0.136	-0.866

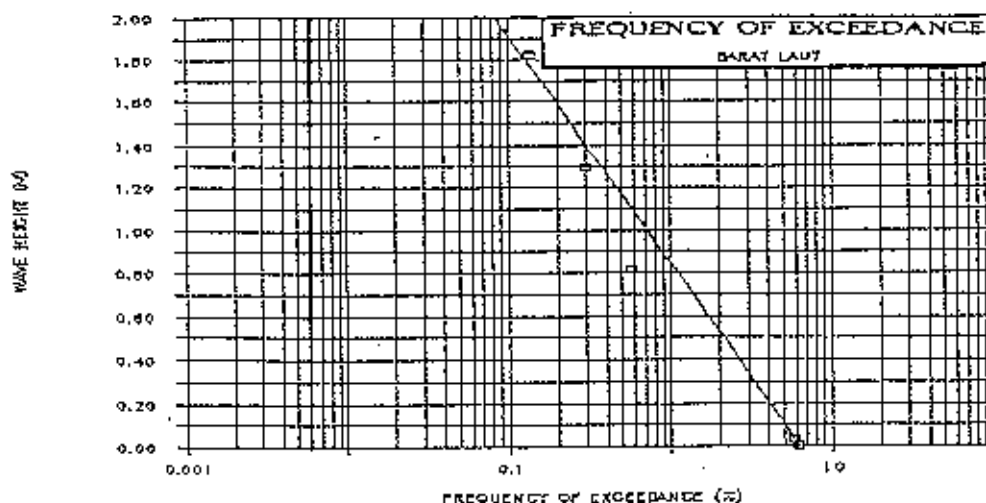
Regression Output :

Constant	0.729
Std Err of Y Est	0.147
R Squared	0.971
No. of Observation	5
Degrees of Freedom	3
X Coefficient (s)	-0.938
Std Err of Coef.	0.093

Persamaan Regresi :

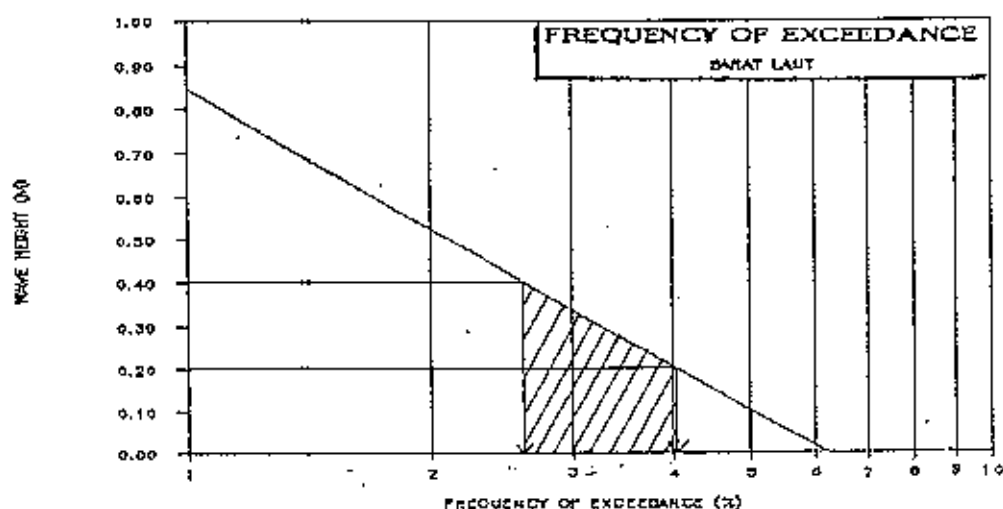
$$\log(p) = 0.729 - 0.938 H$$

$$p(\%) = 5.353 \times 10^{-0.938 H}$$



Gambar 4.5 Frequency of exceedance arah Barat Laut

Gambar 4.5 menunjukkan grafik frequency of exceedance gelombang dari arah Barat Laut. Dari gambar tersebut dapat dicari frequency of occurrence gelombang, yaitu nilai dari probabilitas tertinggi dikurangi dengan nilai probabilitas terendah dari range tinggi gelombang yang tinjau. Dimana tinggi gelombang yang ditinjau merupakan rata-rata dari range gelombang tersebut (lihat Gambar 4.6), sedang untuk arah yang lain lihat Lampiran C.1.



$$\begin{aligned}
 f(0.3) &= p(0.2) - p(0.4) \\
 &= 4.043 - 2.624 \\
 &= 1.419 \%
 \end{aligned}$$

Gambar 4.6 Cara memperoleh frequency of occurrence

#### d. Periode

Perhitungan periode gelombang  $T$  menggunakan perumusan (Shore Protection Manual, 1984) untuk fetch limited sebagai berikut :

$$T = 6.238 \cdot 10^{-2} (U_a \cdot F)^{1/3}$$

dimana :

$T$  = periode gelombang (s)

$U_a$  = wind speed factor (m/s)

$F$  = panjang fetch efektif (m)

Sehingga dengan demikian didapatkan  $H$ ,  $T$ ,  $Q$  dan  $f$  sebagai data masukan perhitungan sediment transport, seperti pada tabel berikut :

Tabel 4.5 Data gelombang untuk perhitungan sediment transport

BARAT LAUT $Q : 315^\circ$			UTARA - BARAT LAUT $Q : 337.5^\circ$			UTARA $Q : 0^\circ$			UTARA - TIMUR LAUT $Q : 22.5^\circ$			TIMUR LAUT $Q : 45^\circ$		
$H(m)$	$T(s)$	$f(\%)$	$H(m)$	$T(s)$	$f(\%)$	$H(m)$	$T(s)$	$f(\%)$	$H(m)$	$T(s)$	$f(\%)$	$H(m)$	$T(s)$	$f(\%)$
0.10	2.31	2.186	0.10	2.30	0.391	0.10	2.27	6.126	0.10	2.33	1.630	0.10	2.37	11.441
0.30	3.33	1.419	0.30	3.32	0.227	0.30	3.27	3.244	0.30	3.36	0.962	0.30	3.41	6.256
0.50	3.94	0.921	0.50	3.93	0.119	0.50	3.87	1.864	0.50	3.99	0.568	0.50	4.05	3.420
0.70	4.51	0.596	0.70	4.40	0.097	0.70	4.33	0.759	0.70	4.46	0.335	0.70	4.53	1.870
0.90	4.80	0.388	0.90	4.78	0.064	0.90	4.71	0.369	0.90	4.85	0.198	0.90	4.92	1.023
1.10	5.13	0.252	1.10	5.11	0.042	1.10	5.04	0.175	1.10	5.18	0.117	1.10	5.26	0.559
1.30	5.42	0.163				1.30	5.33	0.085	1.30	5.48	0.069	1.30	5.56	0.306
1.50	5.69	0.106				1.50	5.59	0.041	1.50	5.75	0.041	1.50	5.84	0.167
1.70	5.93	0.069				1.70	5.83	0.020	1.70	5.99	0.024	1.70	6.08	0.091
1.90	6.15	0.045										1.90	6.31	0.050

#### 4.4.3 Langkah Perhitungan

Pada perumusan CERC Formula pertama akan didapatkan sudut gelombang pecah ( $Q_b$ ). Ini berarti kedalaman gelombang pecah ( $d_b$ ) dan tinggi gelombang pecah ( $H_b$ ) di surf zone dapat dihitung. Untuk menentukan apakah gelombang sudah pecah atau belum, maka diperlukan suatu parameter yang disebut breaking index (indeks pecah) yang diberi notasi  $y$ .

Indeks pecah merupakan perbandingan antara tinggi gelombang pecah dan kedalaman gelombang pecah. Dalam beberapa penelitian yang telah dilakukan harga  $\gamma = 0.78$  dan dalam studi ini diambil asumsi  $\gamma = 0.6$ . Hal ini didasarkan pada profil pantai Desa Kalibuntu yang cukup landai dan klasifikasi gelombang pecah adalah spilling (Bettjes, 1974).

$$\gamma = \frac{H_b}{d_b}$$

Pada perumusan dilakukan dengan cara coba-coba untuk mendapatkan persyaratan yang harus dipenuhi, yaitu  $\gamma = 0.6$ , maka dalam menghitung sediment transport diambil langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menghitung kecepatan merambat gelombang di laut dalam ( $C_0$ ) dan panjang gelombang di laut dalam ( $L_0$ ).

$$C_0 = 1.56 T$$

$$L_0 = 1.56 T^2$$

2. Asumsi kedalaman gelombang pecah  $d_b = 1.5 H_0$
3. Menghitung panjang gelombang pecah ( $L_b$ ), dengan cara iterasi dan mengasumsikan harga  $L_b$  pertama kali sama dengan  $L_0$ .

$$L_b = L_0 \tanh (2\pi d_b / L_b)$$

Perhitungan ini terus berulang hingga didapatkan harga  $L_b$  yang konstan atau dengan batasan  $|L_{b_n} - L_{b_{n-1}}| < 0.001$ , dimana  $n$  adalah jumlah iterasi.

4. Menghitung kecepatan merambat gelombang pecah ( $C_b$ ) dan arah gelombang pecah ( $Q_b$ )

$$C_b = \frac{L_b}{T}$$

$$\sin(Q_b) = C_b / C_o \sin(Q_o)$$

$$Q_b = \arcsin (C_b / C_o \sin(Q_o))$$

5. Menghitung koefisien shoaling ( $K_s$ ), koefisien refraksi ( $K_r$ ) dan tinggi gelombang pecah ( $H_b$ )

$$K_s = \sqrt{\frac{n_o C_o}{n C_b}}$$

$n_o = \frac{1}{2}$ , untuk gelombang dari laut dalam

$$K_s = \sqrt{\frac{1 C_o}{2n C_b}}$$

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos(Q_o)}{\cos(Q_b)}}$$

dimana :

$$n = 0,5(1 + 2kd / \sinh(2kd))$$

$$kd = 2\pi db / L_b$$

$$H_b = H_o K_s K_r$$

6. Menghitung index pecah  $y$

$$y = \frac{H_b}{db}$$

Perhitungan ini terus berulang hingga didapatkan  $y = 0.6$  atau dengan batasan  $|y - 0.6| < 0.001$ . Bila harga  $y$  belum memenuhi persyaratan, maka perhitungan dicoba lagi dengan asumsi  $db = Hb/0.6$  dan kembali ke langkah 3.

7. Bila harga  $y = 0.6$  atau batasan sudah terpenuhi, maka dihitung besarnya sediment transport  $S$  yang terjadi.

$$S = 0.02 H_o^2 C_o \cos(Q_o) \sin(Q_b)$$

Annual rate sediment transport :

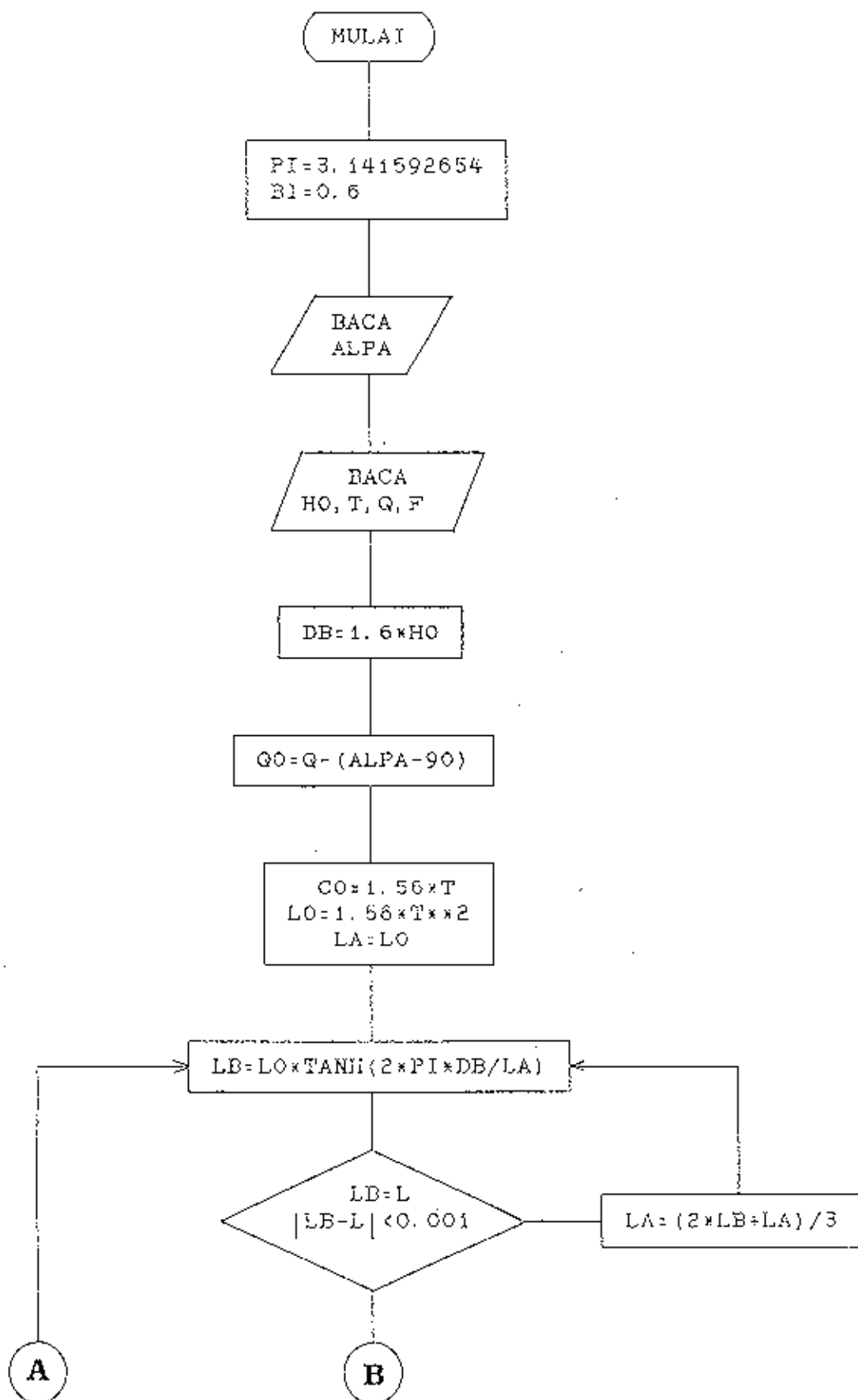
$$S = 315576 \cdot 0.02 H_o^2 C_o \cos(Q_o) \sin(Q_b) Fr$$

dimana :  $Fr$  = frequency of occurrence (%)

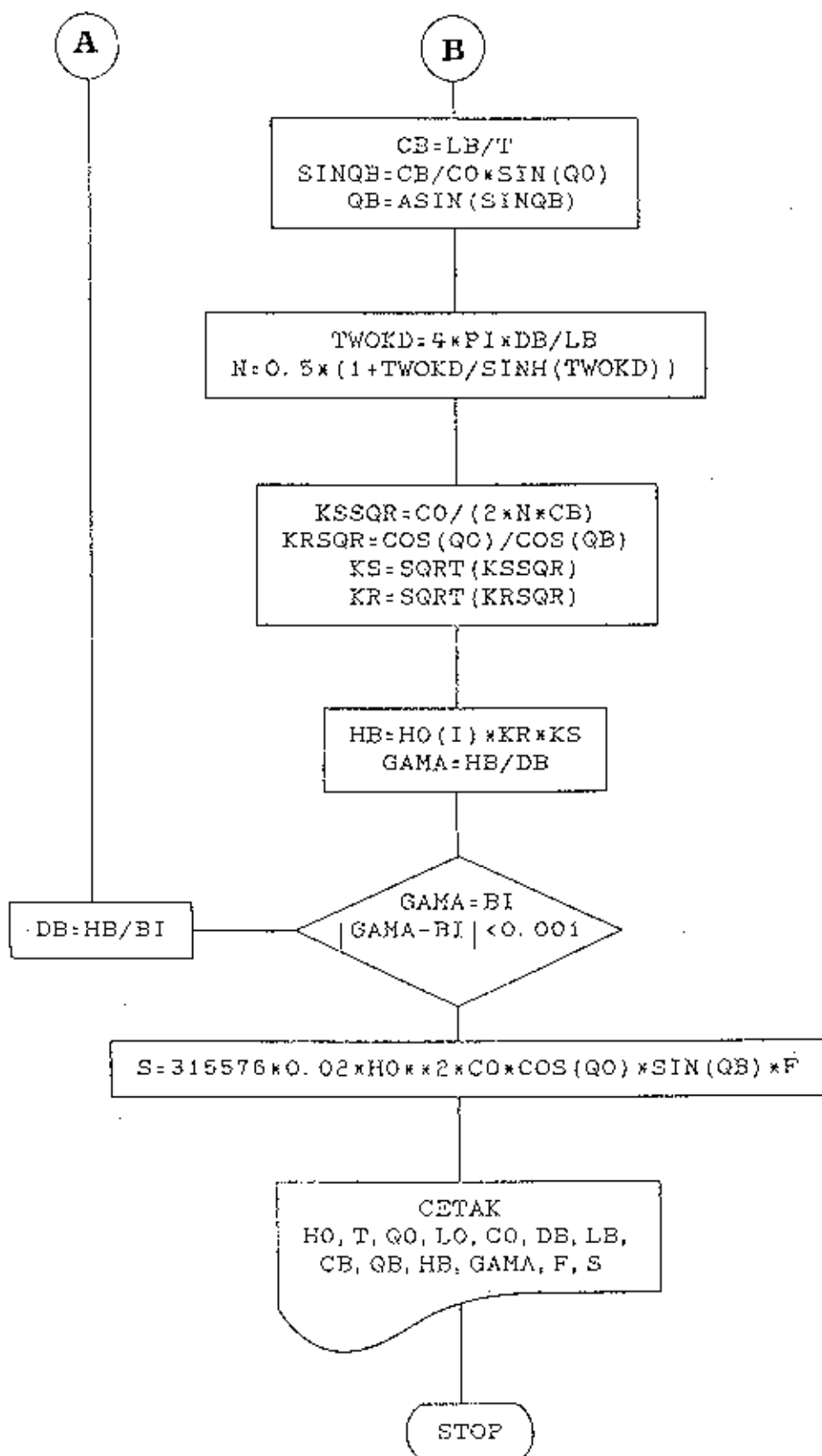
#### 4.4.4 Program Komputer

Untuk mendapatkan kecepatan dan ketelitian dalam perhitungan sediment transport, maka dibuat program komputer yang bisa melakukan perhitungan dan proses ulang (iterasi) dengan cepat. Program ini disesuaikan dengan permasalahan pada daerah studi yang dibuat dengan Bahasa Fortran 77. Pada program tersebut data yang diperlukan adalah sudut pantai ( $\alpha$ ), tinggi gelombang ( $H$ ), periode gelombang ( $T$ ), arah gelombang ( $Q$ ) dan frequency of occurrence ( $f$ ).

Adapun diagram alir (flow chart) program sediment transport tersebut adalah sebagai berikut:





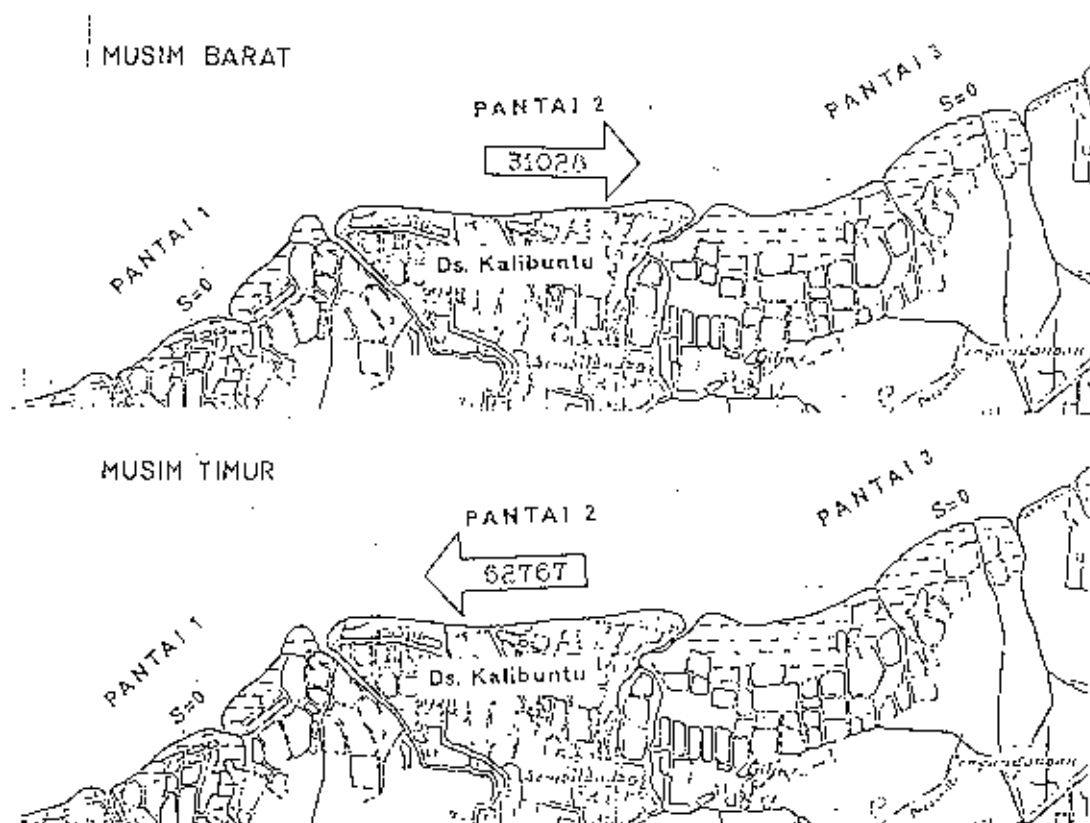


#### 4.5 Evaluasi sediment transport

Dari hasil perhitungan Komputer sediment transport (Lampiran C.3) dapat diketahui total sediment transport (S) dan parameter-parameter gelombang di daerah gelombang pecah seperti  $db$ ,  $Lb$ ,  $Cb$ ,  $Qb$  dan  $Hb$ . Besar dan arah sediment transport di daerah studi seperti pada tabel.

Tabel 4.7 Besar dan arah sediment transport

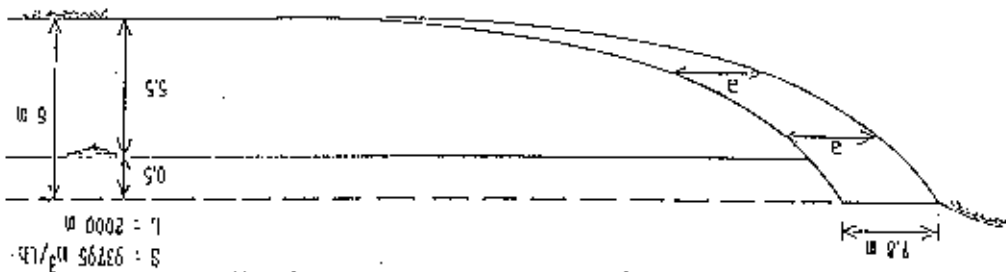
Arah gelombang	Sediment Transport ( $m^3/tn$ )			Arah	Kondisi Pantai 2
	Pantai 1	Pantai 2	Pantai 3		
Barat Laut	0	24220	0	Ke Timur	Erosi
Utara - Barat Laut	0	1903	0	Ke Timur	Erosi
Utara	0	4905	0	Ke Timur	Erosi
Utara - Timur Laut	0	5941	0	Ke Barat	Erosi
Timur Laut	0	56826	0	Ke Barat	Erosi



Gambar 4.7 Besar dan arah sediment transport

Gambar 4.8 menunjukkan skematisasi kemunduran garis pantai. Dengan demikian untuk volume pasir yang tererosi sebesar  $93795 \text{ m}^3/\text{th}$  dan panjang pantai  $12000 \text{ m}$ , rate erosi atau kemunduran garis pantai sama dengan  $7,8 \text{ m/th}$ . Apabila kejadian erosi berlangsung 50 tahun (sejak 1942-1992), maka total kemunduran garis pantai sudah mencapai  $390 \text{ m}$ .

Gambar 4.8 Skematisasi kemunduran garis pantai.



tidak akan terjadi longshore sediment transport. Besar dan arah sediment diatas adalah secara teoritis dan belum termasuk pengaruh dari aktivitas manusia di pantai seperti sand mining. Apabila dipertimbangkan untuk suatu profil pantai sampai kedalaman gelombang pecah  $2,5 \text{ m}$ , pasang surut  $3 \text{ m}$  (Tabel Hydral) dan tinggi air akibat wave run up  $0,5 \text{ m}$ . Berarti pantai yang mengalami kemunduran  $1 \text{ m}$  (per meter lebar) sama dengan erosi pantai sebesar  $6 \text{ m}^3$ .

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa dari semua arah kondisi pada kedua pantai tertutup oleh tumbuhan bakau, jadi Pantai-1 dan Pantai-3 besarnya sediment transport  $8,0$  karena dalam satu tahun  $93795 \text{ m}^3/\text{th}$  bergerak ke Barat. Sedang untuk terjadi erosi sebesar  $62767 \text{ m}^3/\text{th}$ . Sehingga total erosi terjadi sebesar  $31028 \text{ m}^3/\text{th}$  kearah Timur dan pada musim Timur gelombang terjadi erosi pada Pantai-2. Pada musim Barat

Angka tersebut cukup relevan dibandingkan dengan informasi dari penduduk setempat (±300 m). Karena angka tersebut dengan asumsi bahwa kondisi pantai adalah pantai yang unprotected, sedang kenyataan di lapangan menunjukkan adanya bangunan yang mempengaruhi/memperkecil laju sediment transport seperti seawall, revetment, groin kecil, rumah penduduk dan lain-lain.

## BAB V

### ANALISA MORPHOLOGI PANTAI

#### 5.1 Umum

Guna menunjang analisa sediment transport apakah pantai mengalami erosi atau tidak, maka perlu dicocokkan dengan kejadian di lapangan atau perilaku morfologi pantai yang sesungguhnya.

Perilaku morfologi pantai adalah perubahan sediment transport yang merupakan fungsi waktu dan ruang. Pada keseimbangan pantai dasar laut akan naik apabila sediment transport berkurang, sebaliknya bila sediment transport bertambah akan menyebabkan terjadinya erosi.

Perilaku morfologi pantai dapat dilihat dari perubahan garis pantai, dimana perubahan ini seringkali digunakan untuk menentukan pantai erosi atau tidak. Analisa morfologi pantai sangat perlu untuk mengetahui dan membedakan perilaku pantai jangka pendek dan jangka panjang.

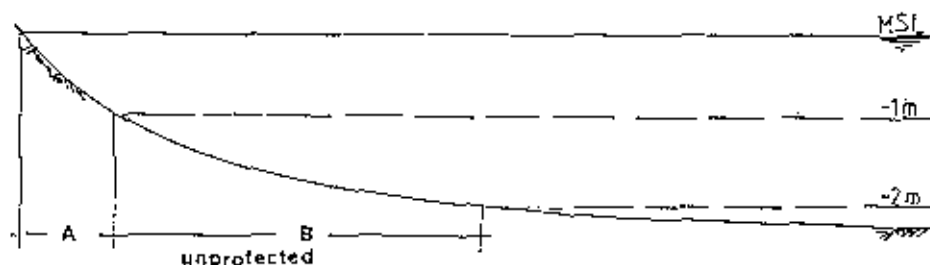
Analisa morfologi pantai yaitu membandingkan perubahan profil akibat hilangnya hutan bakau. Disamping itu juga melihat perubahan profil dan volume profil dari hasil pengukuran profil. Dari dua kali pengukuran profil (Agustus dan Desember 1991), dapat dilihat fluktuasi volume profil di pantai Kalibuntu dalam jangka pendek (4 bulan).

Dengan membandingkan morfologi pantai dengan analisa sediment transport, diharapkan dapat diketahui faktor yang menyebabkan terjadinya erosi di pantai Kalibuntu.

## 5.2 Hilangnya hutan bakau

Bakau/mangrove sangat baik untuk melindungi pantai dari aktivitas gelombang, karena mangrove sangat efektif untuk meredam energi gelombang. Bentuk profil pantai yang tak terproteksi dipengaruhi oleh 3 faktor utama, yaitu :

- gelombang : - frekwensi gelombang
- tinggi gelombang
- pasang surut : - tipe pasang surut diurnal / semi diurnal
- beda HWL - LWL
- material : - diskripsi material (sand atau silt)
- ukuran material

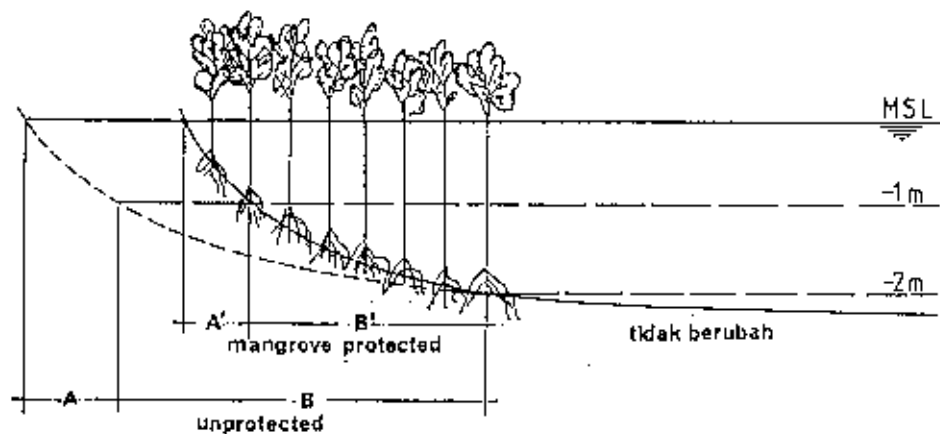


Gambar 5.1 Profil pantai yang tak terproteksi

Gambar 5.1 menunjukkan bentuk profil pantai yang tak terproteksi, dimana A merupakan jarak horizontal antara MSL sampai MSL-1 m dan B jarak horizontal antara MSL-1 m sampai MSL-2 m. Pada jarak ini (A+B) diasumsikan jarak dimana profil pantai dipengaruhi oleh gelombang. Pada jarak ini pula energi gelombang akan berkurang akibat gesekan dasar laut dan pecahnya gelombang.

Apabila pada jarak MSL sampai MSL-2 m tertutup oleh mangrove, maka bentuk profil akan lebih curam. Ini berarti

jarak A maupun B menjadi berkurang, karena mangrove mampu meredam energi gelombang dan menangkap serta mengendapkan material sedimen dan biasanya tidak akan dialirkan keluar lagi (lihat Gambar 5.2).



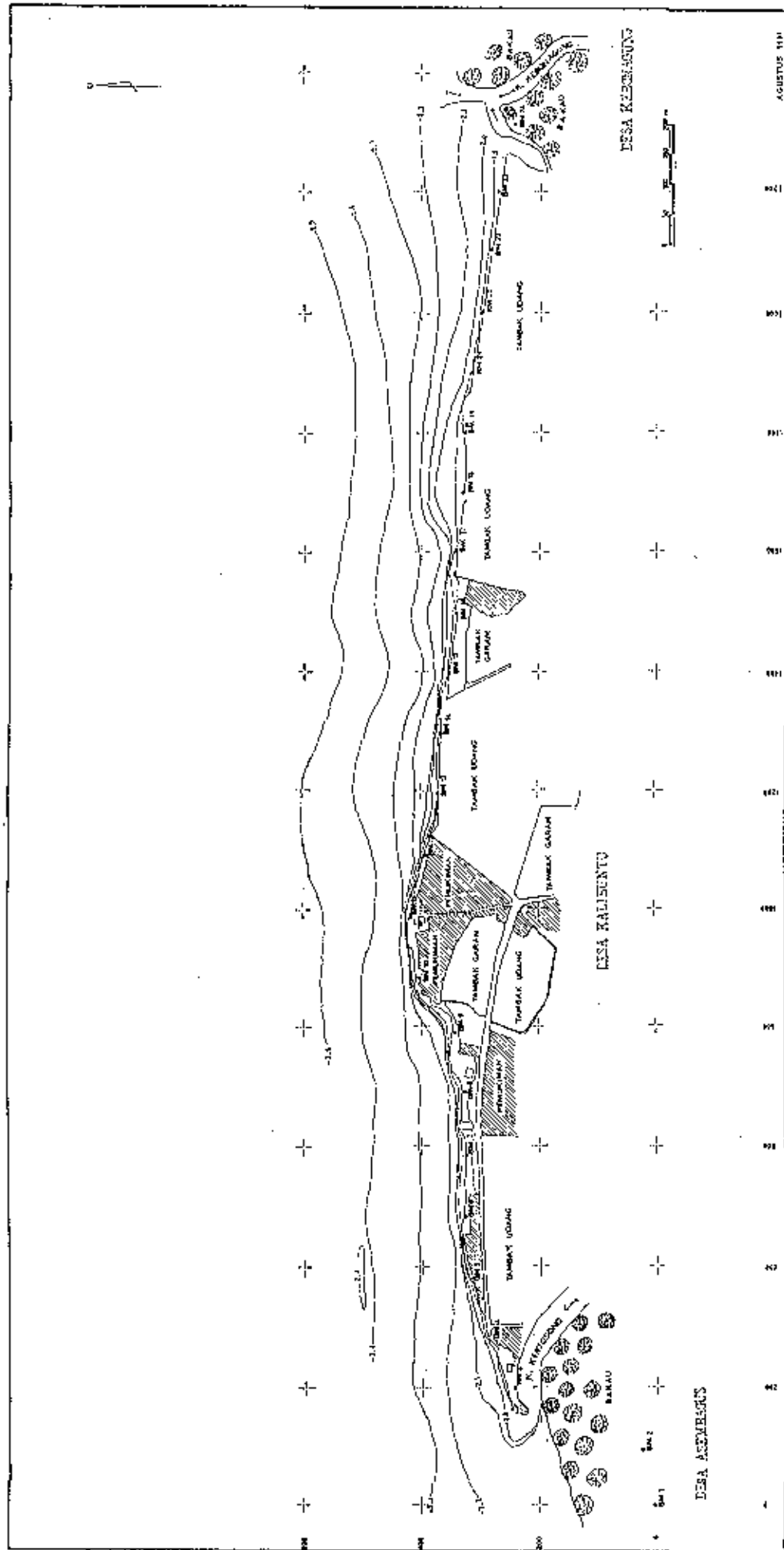
Gambar 5.2 Profil pantai yang terproteksi mangrove

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa  $A' < A$  dan  $B' < B$ , sedang pada jarak MSL-2 m sampai ketengah laut tidak terjadi perubahan, karena pada jarak ini gelombang tidak berpengaruh pada profil pantai. Ini berarti akibat hilangnya mangrove menyebabkan terjadinya erosi sebesar  $(A+B) - (A'+B')$ .

Hilangnya mangrove ini dapat dilihat pada saat muka air surut tampak pangkal pohon bakau yang masih tertanam kuat di pantai. Disamping itu disebelah timur dan barat pantai ini masih terdapat hutan bakau yang cukup lebat.

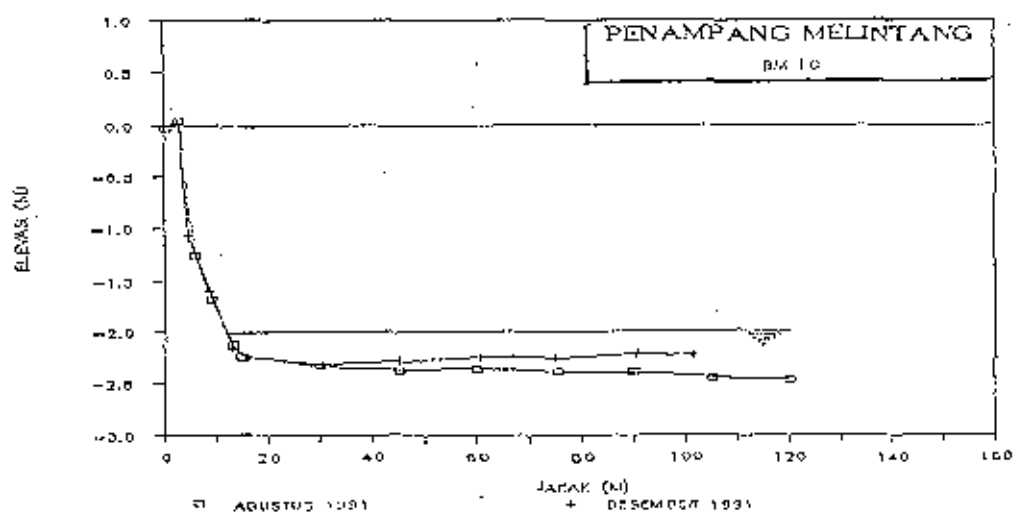
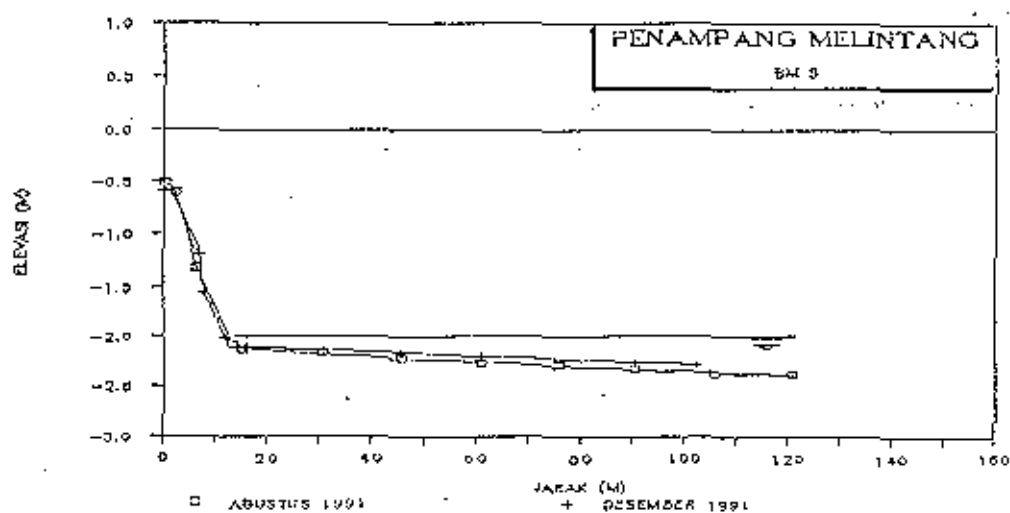
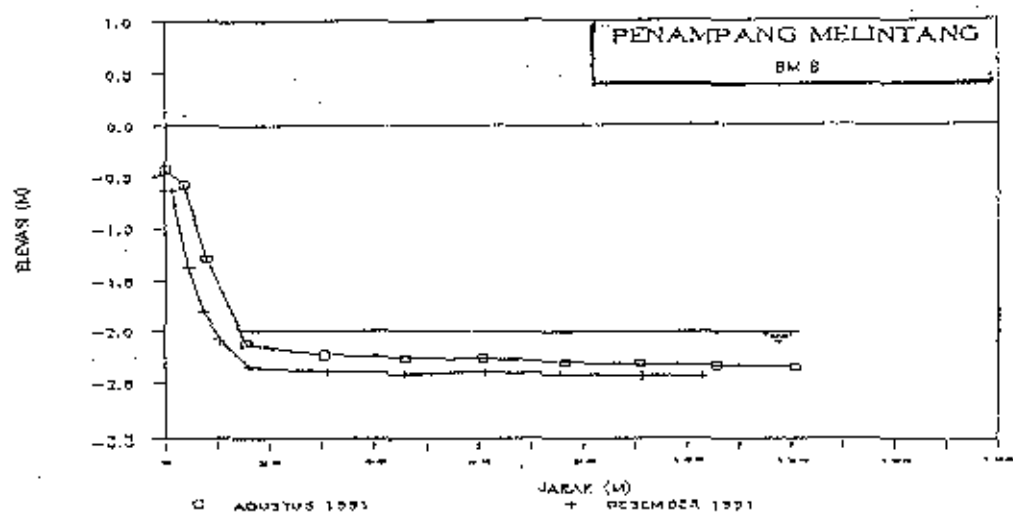
### 5.3 Profil pantai

Untuk mengetahui perilaku morfologi pantai Kalibuntu telah dipasang 24 patok Bench Mark yang terbuat dari beton bertulang. Masing-masing patok dilakukan pengukuran profil kearah laut tegak lurus garis pantai.



Gambar 5.3 Posisi patok Bench Mark di daerah studi





Gambar 5.4 Penampang melintang BM 8, BM 9 dan BM 10

Gambar 5.4 menunjukkan penampang melintang BM 8, BM 9 dan BM 10 pada pengukuran bulan Agustus dan bulan Desember 1991. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa profil dasar pantai bervariasi. Pada BM 8 terjadi erosi karena tampak elevasi dasar hasil pengukuran bulan Desember lebih rendah dibanding pengukuran bulan Agustus, sedang pada BM 9 dan BM 10 terjadi akresi.

Pengaruh musim yang ada (bulan Desember) menyebabkan material sediment bergerak kearah Timur. Hal ini dikarenakan pada bulan tersebut terjadi musim angin Barat, sehingga gelombang yang dominan terjadi dari arah Barat Laut dan gerakan sediment kearah Timur.

Namun apabila dilihat secara keseluruhan (Lampiran B.2) terlihat posisi garis pantai mengalami kemunduran ±0.8 m dari garis pantai semula, kecuali pada BM 11 karena pada lokasi tersebut terdapat seawall sebagai pengaman TPJ. Ini berarti selama periode 4 bulan (Agustus-Desember) di pantai Kalibuntu terjadi kemunduran garis pantai sebesar 0.8 m. Hal ini masih seimbang dibandingkan dengan hasil perhitungan sediment transport.

#### 5.4 Volume Profil

Perubahan profil pantai mempengaruhi volume profil penampang pantai yang diperhitungkan. Perhitungan volume profil dilakukan dengan cara membagi profil menjadi bagian-bagian kecil, dimana pembagian ini didasarkan pada perubahan elevasi profil.

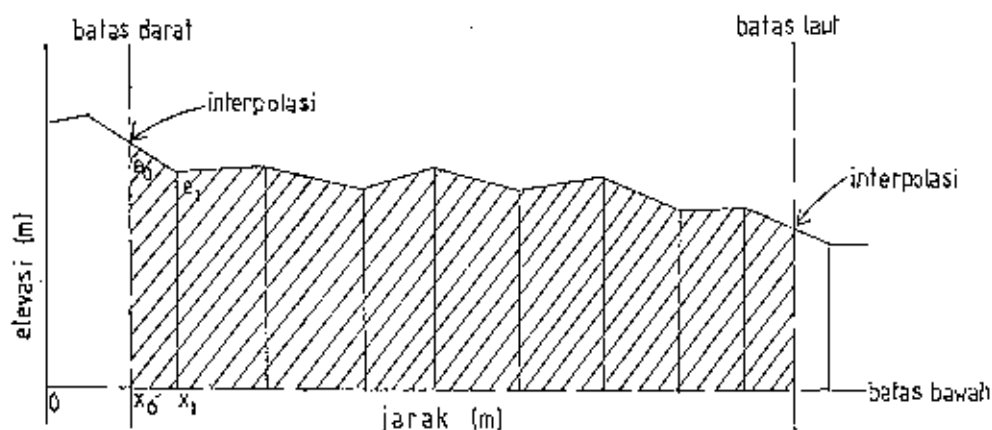
Sebelum melakukan perhitungan volume perlu ditetapkan batasan-batasan yang diperhitungkan volumenya, yaitu batas darat (BD), batas laut (BL) dan batas bawah (BB).

Batas darat (BD) diasumsikan sebagai batas dimana mulai terjadi perubahan profil pantai yang diakibatkan oleh pengaruh gelombang. Penentuan ini sangat perlu karena biasanya pada bagian daratan terjadi perubahan profil yang bukan karena pengaruh gelombang, namun disebabkan oleh aktivitas manusia seperti pengambilan pasir, perubahan peil jalan, perbaikan seawall dan lain-lain.

Batas laut (BL) ditentukan berdasarkan seberapa jauh pengukuran profil dilakukan. Dari pengukuran profil bulan Agustus 1991 rata-rata panjang profil bisa mencapai 1225 m dari titik polygon, sedang pengukuran bulan Desember hanya mencapai 1100 m. Karena pada umumnya pengukuran profil bulan Desember lebih pendek dari pengukuran bulan Agustus, maka batas laut digunakan panjang profil hasil pengukuran bulan Desember.

Batas bawah (BB) ditentukan berdasarkan pengaruh pasang surut terendah terhadap kedalaman gelombang pecah. Akibat pengaruh pasang surut dan kedalaman gelombang pecah, maka batas bawah bisa mencapai -5 m. Namun kalau dilihat dari hasil pengukuran profil umumnya elevasi minimum adalah -3 m, oleh karena itu batas bawah diambil kedalaman -3 m.

Untuk membandingkan volume profil pantai, maka setiap pengukuran harus ditentukan BD, BL dan BB yang sama, sehingga dapat diketahui fluktuasinya.



Gambar 5.5 Skematisasi perhitungan volume profil

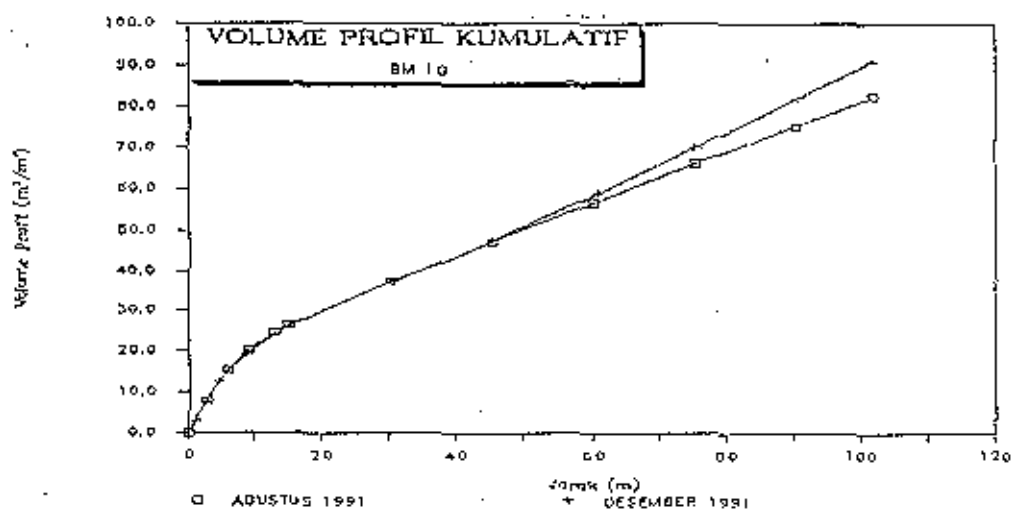
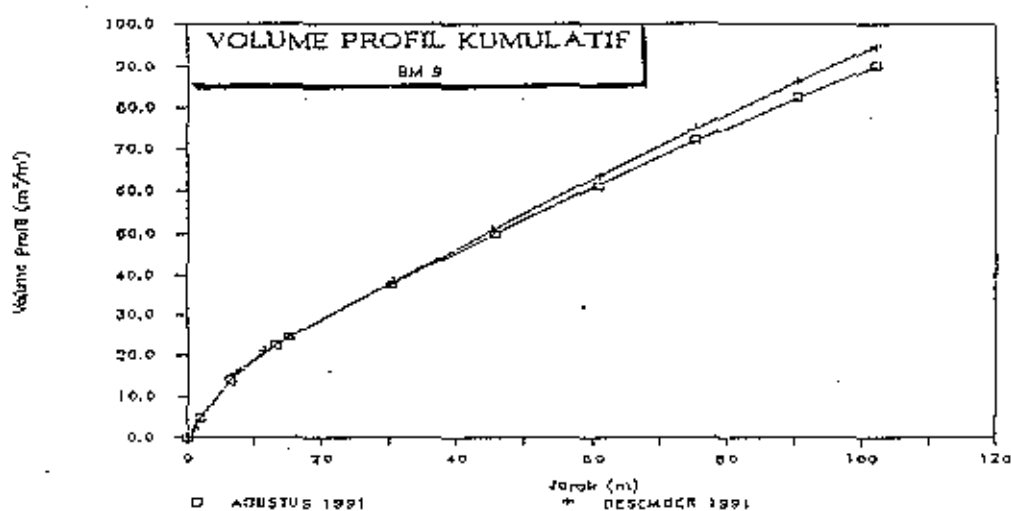
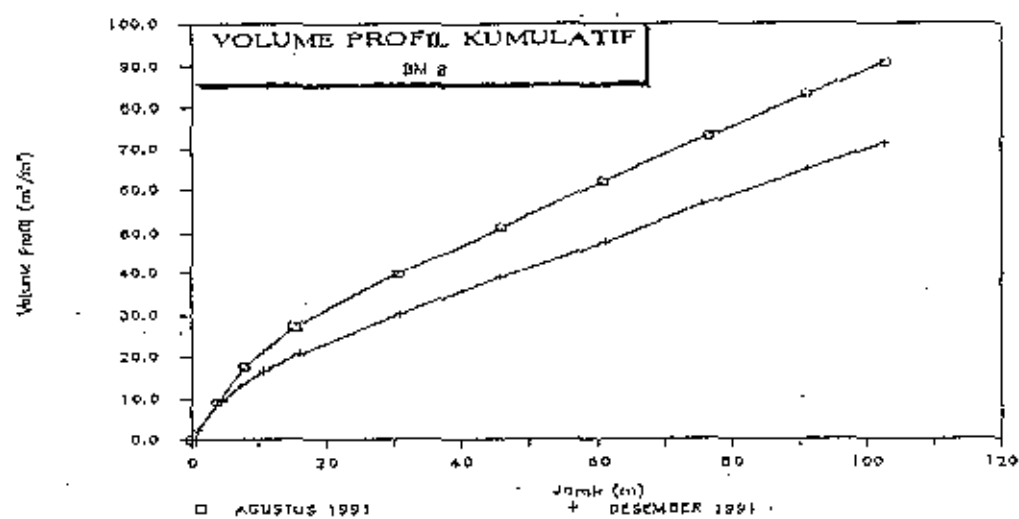
Perhitungan volume profil menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$Vol = \left[ \frac{e_1 + e_0}{2} - (-3) \times \right] (X_1 - X_0)$$

Hasil perhitungan volume profil untuk BM 8, BM 9 dan BM 10 seperti pada Tabel 5.1 kemudian digambarkan volume profil kumulatifnya.

Tabel 5.1 Volume profil BM 8, BM 9 dan BM 10

BM 8			BM 9			BM 10		
AGUSTUS 1991			DESEMBER 1991			AGUSTUS 1991		
Jarak	Elevasi	Volume	Jarak	Elevasi	Volume	Jarak	Elevasi	Volume
m	m	m <sup>3</sup> /m	m	m	m <sup>3</sup> /m	m	m	m <sup>3</sup> /m
0.0	-0.436	0.00	0.0	-0.502	0.00	0.0	-0.584	0.00
3.6	-0.582	8.97	2.0	-0.595	4.90	5.0	-0.584	2.35
7.0	-1.296	17.62	6.4	-1.302	13.86	7.2	-1.200	15.42
15.4	-2.120	27.40	13.2	-2.051	22.73	7.0	-1.550	16.39
30.5	-2.230	39.50	15.2	-2.116	24.55	11.8	-1.997	21.27
45.8	-2.256	51.33	30.4	-2.167	37.60	15.8	-2.101	25.08
60.8	-2.272	62.39	45.5	-2.223	49.89	30.8	-2.119	32.43
76.4	-2.314	73.33	60.8	-2.250	61.94	45.4	-2.168	50.93
90.8	-2.336	83.05	75.4	-2.284	72.19	61.0	-2.194	62.71
102.6	-2.346	90.82	90.2	-2.323	82.45	75.0	-2.223	74.79
			91.0	-2.445	65.26	90.0	-2.389	75.34
			102.5	-2.454	71.65	101.5	-2.424	82.15
						101.5	-2.220	90.16



Gambar 5.6 Volume profil BM 8, BM 9 dan BM 10

Gambar 5.6 menunjukkan volume profil dari pengukuran bulan Agustus dan bulan Desember 1991. Dari gambar tersebut dapat dilihat apabila garis pengukuran bulan Desember selalu berada dibawah atau garis akhir volume profilnya berkurang, berarti pantai tersebut mengalami erosi. Sebaliknya apabila garis pengukuran bulan Desember berada diatas pengukuran bulan Agustus terjadi akresi.

Namun perbandingan volume profil tersebut hanya sejauh hasil pengukuran bulan Desember 1100 m dari patok BM. Jarak ini dianggap kurang memenuhi syarat untuk membandingkan perubahan volume profil. Karena untuk melihat perubahan volume profil harus dilakukan pengukuran profil sampai sejauh mana pengaruh gelombang dan pasang surut terhadap perubahan profil tersebut. Hal ini bisa dimaklumi mengingat kondisi pantai yang cukup landai, sehingga untuk melakukan pengukuran profil bisa mencapai jarak 1200 m (surut terendah) yang memerlukan biaya yang tidak sedikit.

#### 5.4 Evaluasi morfologi pantai

Apabila ditinjau kembali dari hasil analisa sediment transport pada Bab sebelumnya dibandingkan dengan kejadian di lapangan, tampaknya lebih cocok dengan informasi dari penduduk setempat. Sehingga anggapan garis pantai Kalibuntu makin lama makin mundur adalah benar. Kemunduran ini disebabkan karena sediment yang bergerak dari pantai yang tak terproteksi/terlindung ke pantai yang berbakau akan tertimbun di sela-sela akar bakau dan tidak akan kembali.

Kemunduran ini akan berlangsung terus-menerus baik pada musim Timur maupun musim Barat. Pada musim Timur sediment hasil erosi akan bergerak ke Barat dan tertimbun di hutan bakau sebelah Barat sungai Kertosono. Dan pada musim Barat sediment bergerak ke Timur tertahan di hutan bakau sebelah Timur sungai Kebonagung.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa erosi yang terjadi di pantai Kalibuntu bermula dari hilangnya bakau/mangrove. Hal ini menyebabkan keseimbangan baru di lokasi tersebut dan sekitarnya, yaitu bentuk profil pantai menjadi lebih landai (unprotected). Berubahnya profil dari kondisi protected menjadi unprotected merupakan erosi yang cukup besar. Setelah profil pantai menjadi unprotected kemudian secara berangsur-angsur terjadi longshore transport yang menggerus pantai sampai sekarang.

## BAB VI

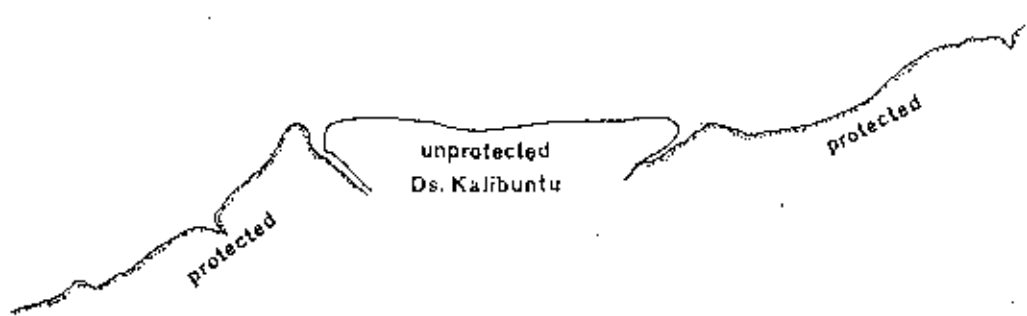
### ALTERNATIF SISTEM PENGAMAN PANTAI

#### 6.1 Umum

Pengamanan pantai dimaksudkan untuk melindungi pantai dengan segala prasarana yang ada (perumahan, tambak, sawah, jalan dan lain-lain) dari ancaman erosi. Erosi yang terjadi di pantai Desa Kalibuntu merupakan erosi yang memerlukan penanganan segera, karena erosi pantai Kalibuntu termasuk erosi yang paling kritis di Jawa Timur.

Alternatif pengamanan pantai Kalibuntu dapat dilakukan dengan membuat bangunan pengaman, seperti seawall, detached breakwater dan groin. Pengamanan pantai juga dapat dilakukan tanpa membuat bangunan pengaman, nourishment dan penanaman tumbuhan mangrove.

Sebelum menentukan alternatif pengaman pantai terlebih dahulu ditinjau sistem pantai yang ada di daerah studi. Dan apabila dilihat kondisi di lapangan, maka sistem pantai dapat digambarkan *protected-unprotected-protected* (lihat Gambar 6.1). Tampak sistem pantai Kalibuntu jelas berbeda dengan pantai sekitarnya.



Gambar 6.1 Sistem pantai daerah studi



## 6.2 Pemilihan alternatif

### Alternatif mangrove

Alternatif mangrove adalah melakukan penanaman kembali pohon bakau yang telah hilang/ditebang. Ini berarti sistem pantai daerah studi disesuaikan dengan pantai sekitarnya atau sistem pantai dikembalikan seperti semula, yaitu pantai yang tertutup oleh hutan bakau.

Alternatif ini pernah dicoba di pantai Kalibuntu oleh Pemda setempat pada areal lahan seluas 4.7 ha. Namun usaha ini tidak berhasil karena laju erosi lebih cepat dibanding masa pertumbuhan bakau. Alternatif mangrove dapat dilakukan apabila dapat dijamin masa pertumbuhannya sebelum mangrove dapat cukup kuat menahan gelombang.

### Alternatif groin

Apabila ditinjau kembali sistem pantai daerah studi (Gambar 6.1), maka alternatif yang sesuai adalah memisahkan sistem pantai Kalibuntu dengan pantai sekitarnya. Pemisahan ini dengan membuat groin di ujung Barat dan ujung Timur agar sediment hasil erosi tidak terperangkap pada pantai yang berbakau, tetapi hanya berotasi didalam sistem groin.

### Alternatif groin dan mangrove

Alternatif ini merupakan kombinasi groin dan mangrove, yaitu dengan membuat groin terlebih dahulu baru diikuti dengan penanaman kembali pohon bakau. Pembuatan groin sebagai alternatif jangka pendek, sedang mangrove sebagai alternatif jangka panjang.

## Alternatif groin dan offshore breakwater

Alternatif ini dibuat dengan membuat offshore breakwater diantara groin sehingga baik longshore maupun cross-shore transport dapat ditahan. Namun penambahan offshore breakwater ini akan mengganggu aktivitas nelayan untuk dapat merapat ke pantai.

Oleh karena itu penempatan kombinasi groin dengan offshore breakwater ini harus melihat tata guna lahan di daerah studi. Kalau dilihat di lapangan, maka alternatif ini bisa diterapkan pada pantai sebelah timur, karena pada daerah ini tata guna lahan lebih banyak untuk pertambakan. Sedang untuk pantai sebelah barat banyak terdapat pemukiman nelayan, dimana banyak terdapat perahu yang bersandar.

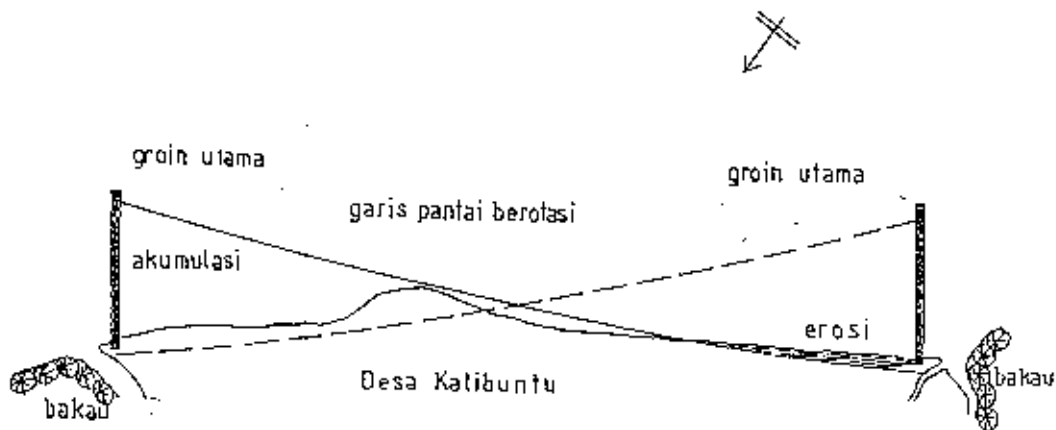
Alternatif ini bisa diterapkan secara keseluruhan kecuali pada lokasi didepan TPI apabila seluruh aktivitas perahu nelayan dipusatkan pada lokasi didepan TPI.

### 6.3 Alternatif yang diusulkan

Mengingat faktor penyebab terjadinya kemunduran garis pantai Kalibuntu yang berupa longshore sediment transport, maka sistem pengaman pantai yang bisa diharapkan mengatasi permasalahan yang memerlukan penanganan segera adalah groin.

Dua buah groin utama harus dibangun pada ujung Barat dan ujung Timur pantai Kalibuntu, agar sediment tidak lolos dari sistem. Penempatan groin utama juga melihat adanya sungai yang bermuara di pantai Kalibuntu, sehingga sediment yang ditangkap oleh groin utama tidak menimbulkan penyumbatan muara sungai Kertosono maupun sungai Kebonagung.

Namun kalau ditinjau jarak antara kedua groin 2000 m, maka garis pantai akan berotasi sesuai dengan pergantian musim gelombang. Pada saat musim barat akan terjadi akresi di bagian timur dan erosi di bagian barat. Sebaliknya pada musim timur akan terjadi akresi di bagian barat dan erosi di bagian timur. Hal ini akan merugikan penduduk di bagian timur dan barat.

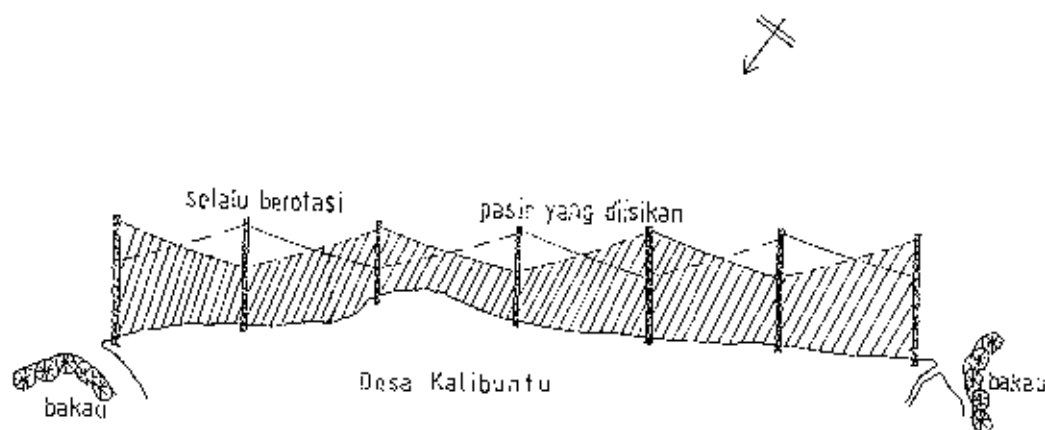


Gambar 6.2 Skema rotasi sediment dengan dua groin utama

Oleh karena itu diantara kedua groin utama dibuat groin tambahan yang lebih pendek, sehingga erosi yang terjadi tidak sampai ke rumah ataupun tambak penduduk. Dan akan lebih baik apabila diantara dua groin diisi dengan material yang sesuai (pasir) sebagai bahan nourishment. Pasir tersebut tidak akan lolos tetapi hanya berotasi sesuai dengan musim.

Kecuali pada lokasi didepan TPI tidak perlu dilakukan pengisian pasir, karena akan menyebabkan pendangkalan pantai yang akan mengganggu aktivitas perahu nelayan yang akan merapat ke TPI untuk melakukan bongkar muat ikan.

Disamping itu karena dalam setiap perencanaan harus berwawasan lingkungan, maka sebagai alternatif jangka panjang dapat dilakukan penanaman kembali pohon bakau. Yaitu dengan cara mengganti sebagian pasir yang tidak terotasi (bagian tengah gorin) diganti dengan tanah lanau dan lempung berhumus yang bisa ditanami pohon bakau.



Gambar 6.3 Skema rotasi pasir dengan 7 groin

#### 6.4 Pemilihan bahan

Pada umumnya groin banyak dibangun dari batu-batuan yang disusun sedemikian rupa, sehingga berupa seperti breakwater tetapi kecil. Adapun elevasi punggung groin biasanya lebih rendah dari muka air yang ada (HWS).

Dalam menentukan berat batu yang akan dipakai, maka digunakan rumus Hudson, seperti dibawah ini :

$$W = \frac{g \rho_b H^3}{K_D \Delta^3 \cot(\alpha)}$$

dimana :

$W$  = berat batu (N)

$g$  = percepatan gravitasi bumi ( $m/dt^2$ )

$\rho_b$  = berat jenis batu ( $kg/m^3$ )

$H$  = tinggi gelombang rencana (m)

$K_D$  = koefisien tingkat kerusakan (level of damage)

$\Delta$  = relatif density

$$= (\rho_b - \rho_a) / \rho_a$$

$\rho_a$  = berat jenis air laut ( $kg/m^3$ )

$\alpha$  = sudut kemiringan tumpukan batu ( $^\circ$ )

Apabila parameter-parameter diatas adalah :

$$g = 9,8 \text{ m/dt}^2$$

$$\rho_b = 2600 \text{ kg/m}^3$$

$$H = 1,5 \text{ m}$$

$$K_D = 3$$

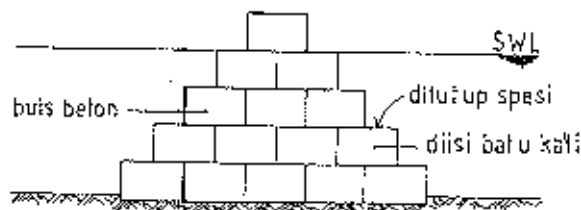
$$\rho_a = 1025 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Cot}(\alpha) = 1,5$$

Maka berat batu ( $W$ ) yang dibutuhkan adalah sebesar 4665 Newton atau 476 kg. Dengan menganggap bentuk batu adalah bulat, maka diameter batu yang dibutuhkan adalah sebesar 0,50 m. Dari hasil tersebut terlihat bahwa diameter batu cukup besar, sehingga untuk mendapatkan di lapangan cukup sulit, baik quarrynya maupun transportasinya.

Oleh karena itu sebaiknya dipakai bahan selain batu, seperti buis beton untuk sumur yang dicor dan diisi dengan beton. Struktur tersebut lebih mudah pelaksanaannya dan kalau sudah disusun akan berupa satu kesatuan, sehingga cukup

kuat menahan gaya gelombang. Gambar 6.4 menunjukkan tipikal penampang groin dari buis beton.



Gambar 6.4 Typikal cross-section groin

### 6.3 Bentuk geometri dan dimensi

Dengan bangunan groin diharapkan longshore sediment transport dapat ditangkap pada bagian up-drift. Namun apabila dimensi groin terlalu pendek, jarak antar dua groin terlalu panjang dan penempatannya salah, maka akibatnya adalah hanya pemindahan erosi.

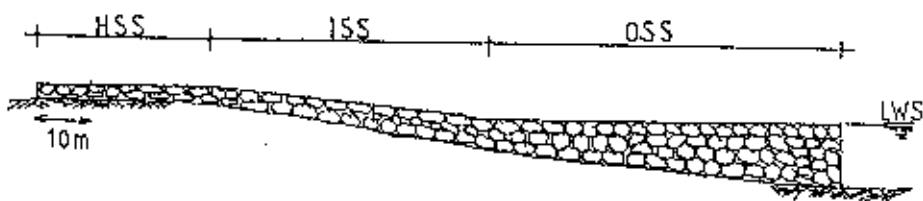
Panjang groin menentukan besarnya sediment transport yang ditangkap oleh groin. Untuk groin utama ditentukan berdasarkan kedalaman gelombang pecah. Dari hasil analisa sediment transport didapat kedalaman gelombang pecah  $db_{maks}$  mencapai -2 m, jadi panjang groin utama dipakai 150 m.

Jarak antara groin satu dengan yang lain berdasarkan Shore Protection Manual, 1984 ditetapkan 2-3 kali panjang groin. Diambil jarak groin 400 m, sehingga jumlah groin sepanjang pantai daerah studi ada 7 buah groin.

Dalam arah memanjang elevasi punggung groin biasanya makin kearah laut makin berkurang. Elevasi punggung groin kearah laut dibagi dalam 3 bagian, yaitu :

- Horizontal Slope Section (HSS)
- Intermediate Slope Section (ISS)
- Outer Slope Section (OSS)

HSS dibuat  $\pm 10$  m kearah darat yang dimaksudkan untuk mengantisipasi erosi yang mungkin terjadi akibat gradient longshore sediment transport. Sedang untuk ISS dibuat sejajar dengan kemiringan pantai sampai pada muka air terendah dan untuk OSS dibuat pada ketinggian LWS.



Gambar 6.5 Typikal memanjang groin.



## BAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1 Kesimpulan

1. Kemunduran garis pantai yang terjadi di pantai Kalibuntu Kraksaan, Kabupaten Probolinggo disebabkan oleh erosi yang terjadi akibat longshore transport.
2. Kemunduran garis pantai Kalibuntu bermula dari hilangnya pohon bakau disepanjang pantai Kalibuntu pada tahun-tahun yang lalu. Hal ini sesuai dengan informasi penduduk setempat, bahwa sekitar tahun 1942 kondisi pantai menjorok kearah laut ±300 m dari garis pantai dan tertutup oleh hutan bakau yang lebat.
3. Berdasarkan analisa sediment transport tahunan pantai Kalibuntu akan selalu terjadi erosi. Hal ini disebabkan baik pada musim Timur maupun musim Barat sediment yang tererosi akan terperangkap di pantai berbakau dan tidak ada suplai sediment dari pantai sekitarnya.
4. Analisa gelombang dengan menggunakan cara statistik terdapat Kelemahan, yaitu jumlah frekwensi gelombang hasil analisa regresi tidak sama dengan jumlah frekwensi kejadian angin (bisa kurang dan bisa lebih), hal ini akan mempengaruhi besarnya sediment transport yang terjadi.
5. Ditinjau dari mekanisme erosi di pantai Kalibuntu, maka sistem pengamanan pantai yang cocok adalah pembuatan groin yang disusun secara paralel sepanjang pantai dan nourishment (pengisian pasir) sebagai



sediment yang berotasi diantara groin kecuali pada lokasi didepan TPI. Disamping itu dapat juga dilakukan penanaman pohon bakau dengan mengganti pasir yang tidak terotasi dengan tanah lanau dan lempung berhumus yang bisa ditumbuhi bakau.

## 7.2 Saran

1. Hendaknya alternatif pengamanan pantai Kalibuntu ini segera diwujudkan dengan membuat perencanaan groin yang lebih detail. Dengan demikian rasa aman penduduk yang ada disekitar pantai dapat dirasakan dan tidak ada lagi pemidahan penduduk.
2. Perlunya melakukan pengamatan garis pantai dan pengukuran profil yang berulang guna melihat perilaku morfologi pantai.
3. Perlunya penelitian lebih lanjut mengenai seberapa jauh besarnya sediment transport pada daerah yang berbakau guna menunjang analisa sediment transport
4. Memberikan pengarahan untuk tidak melakukan penebangan bakau secara liar disepanjang pantai sebagai usaha pengamanan pantai dari aktivitas gelombang.
5. Menerapkan pembangunan berwawasan lingkungan. Dalam hal ini penggunaan tata guna tanah baik untuk areal tambak, pemukiman atau lainnya hendaknya ditata sedemikian rupa sehingga tidak mengusik areah hutan bakau yang ada, disamping usaha menghutankan kembali wilayah pantai yang rawan terhadap erosi.

6. Koordinasi antar instansi yang mempunyai kewenangan operasional, agar tujuan pembangunan yang berwawasan lingkungan dapat terwujud dan dapat mengatasi konflik kepentingan antar instansi yang terkait.

## DAFTAR PUSTAKA

Angremond, K. d', (1992)

New Aspects of Coastal Protection and Development,  
Keynote of Second Seminar on Ports and Inland  
Waterways, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,  
Surabaya, Indonesia.

Bowles, J.E., (1982)

Analisa Dan Disain Pondasi, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Fuddoly, (1990)

Is the Tuban Coast an eroding coast ?, Master thesis in  
IHE Delft, Netherland.

Graaff, Jan van de, (1990)

Coastal Engineering Aspects, Proceeding of Symposium on  
Coastal, Port & River Engineering, Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

Graaff, Jan van de dan Maarten J. Koster, (1990)

Dune and Beach Erosion and Nourishment, Proceeding of  
The Short Course On Coastal Protection, A.A. Balkema  
Publisher, Rotterdam, Netherland.

Kartawinata, K., et al, (1979)

Status Pengetahuan Hutan Bakau di Indonesia, Prosiding  
Seminar I Ekosistem Mangrove.

Kramadibrata, S., (1985)

Perencanaan Pelabuhan, Penerbit Erlangga, Jakarta

Leo C. van Rijn,

Sediment Transport by Current and Waves, Delft  
Hydraulics, Netherland.

Massie, W.W., (1986)

Coastal Engineering Volume 1 Introduction, Hydraulics  
and Geotechnical Engineering Group TH Delft,  
Netherland.

Massie, W.W., (1986)

Coastal Engineering Volume 2 Harbor and Coastal  
Problems, Hydraulics and Geotechnical Engineering Group  
TH Delft, Netherland.

Ongkosongo, O.S.R., (1990)

Sistem Perawatan Pantai, Seminar Sistem Perawatan  
Pantai, FNGT - ITS, Surabaya.

Purwanto, T.W.C., (1989)

Fitososiologi Regenerasi Vegetasi Mangrove di Segara  
Anakan Alas Purwo Banyuwangi, FMIPA Universitas  
Airlangga, Surabaya.

Sarwono, B., (1990)

Pengaruh Pier Tuban Terhadap Pantai Sekitarnya,  
Jurusan Teknik Sipil FTSP - ITS, Surabaya.

Sosrodarsono, S. dan K. Nakazawa, (1983)

Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Penerbit Paramita,  
Jakarta.

Sudiwaluyo, et al, (1990)

Diktat Kuliah Coastal Engineering, Jurusan Teknik Sipil  
FTSP - ITS, Surabaya.

Van der Velden, E.T.J.M., (1989)

Coastal Engineering, Hydraulics Engineering Group  
TU Delft, Netherland.

U. S. Army, Corps of Engineers. (1984)

Shore Protection Manual, Coastal Engineering Research  
Center, Vicksburg, Mississippi, USA.

Wirosumarto, S., (1988)

Pemanfaatan Wilayah Pantai, Seminar Hidraulika dan  
Hidrologi Wilayah Pantai, PAU Ilmu Teknik UGM.

Yuwono, N., (1986)

Teknik Pantai, Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik  
Sipil Fakultas Teknik UGM.

LAMPIRAN A.I

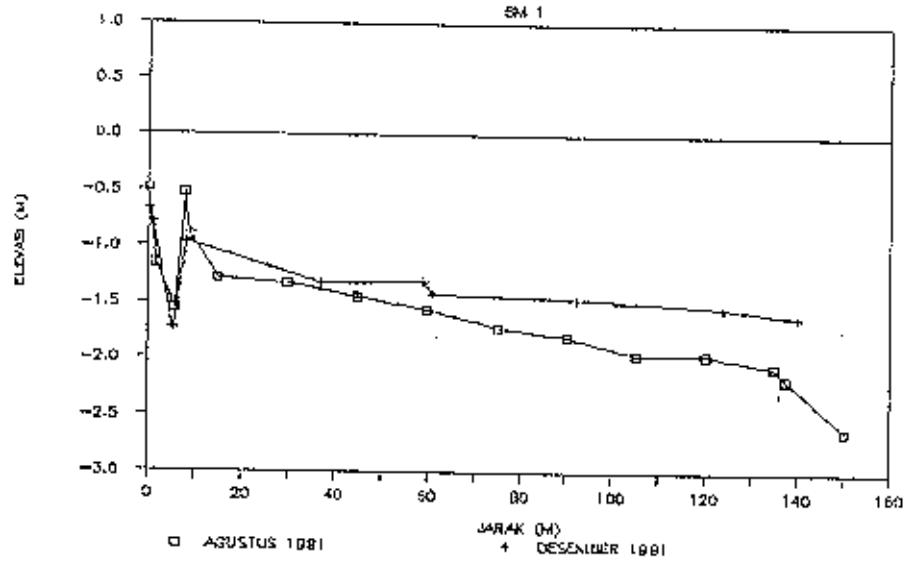
TOPOGRAFI PANTAI KALIBUNTU

## LAMPIRAN A.2

### PROFIL PANTAI KALIBUNTU

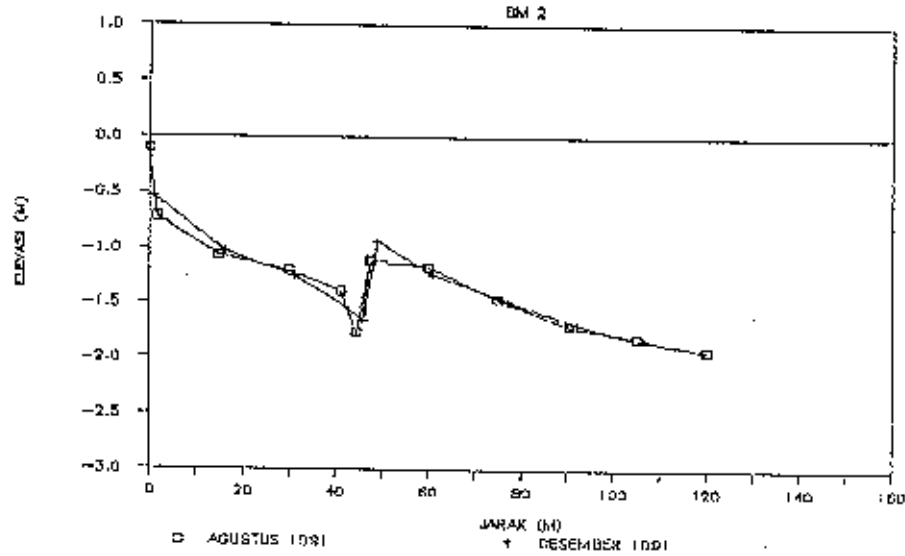
# PENAMPANG MELINTANG

BM 1



# PENAMPANG MELINTANG

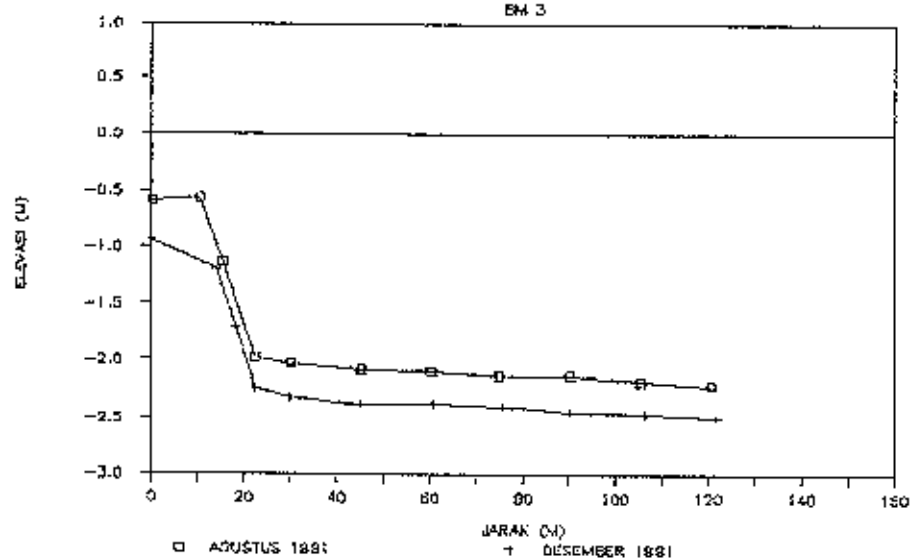
BM 2





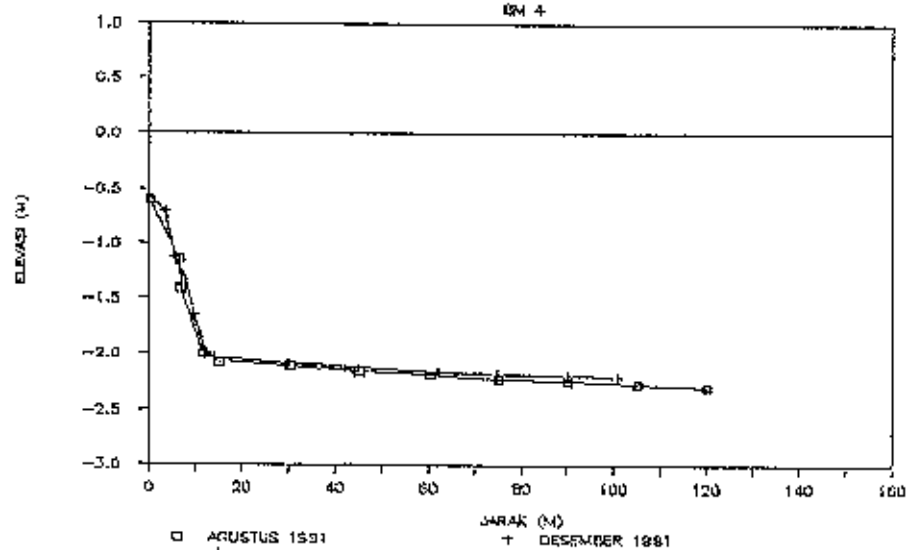
# PENAMPANG MELINTANG

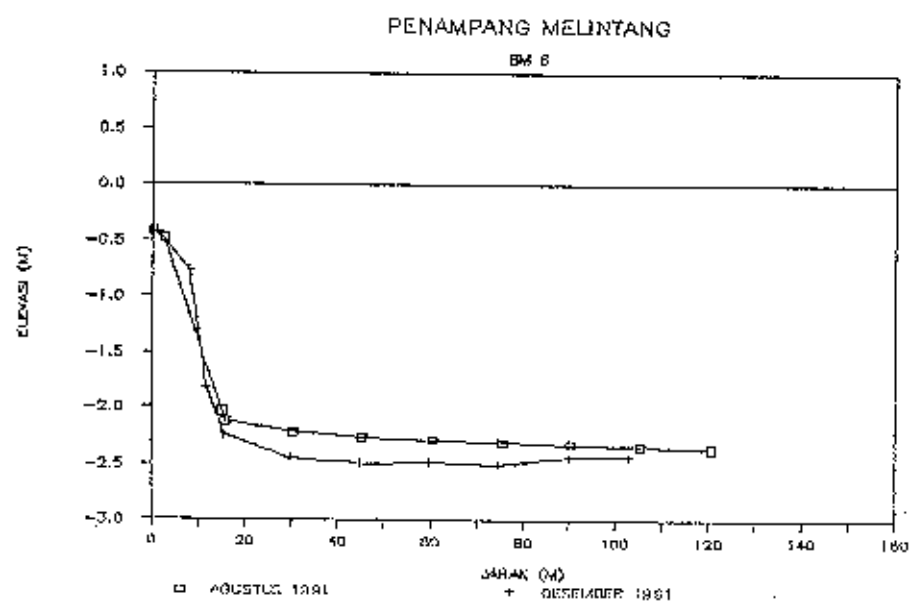
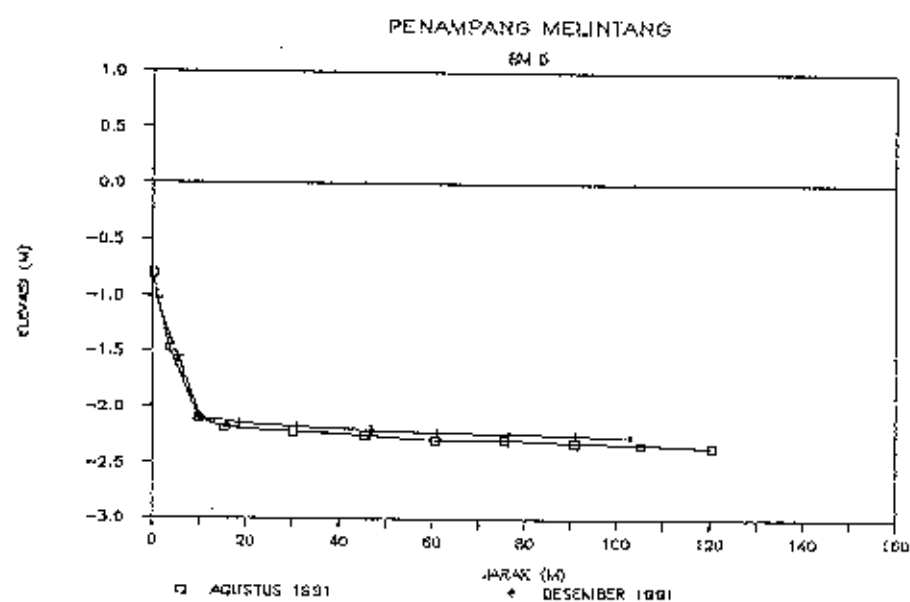
BM 3

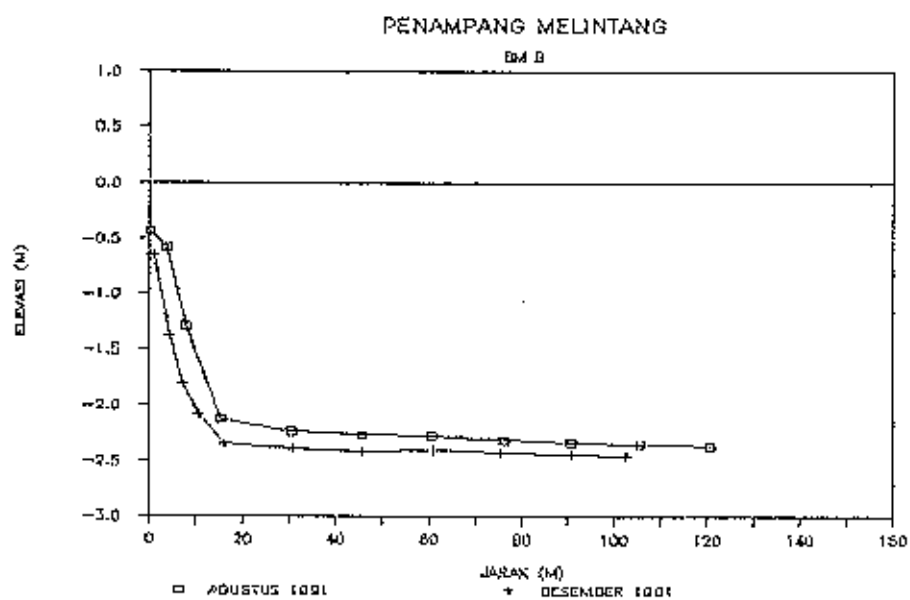
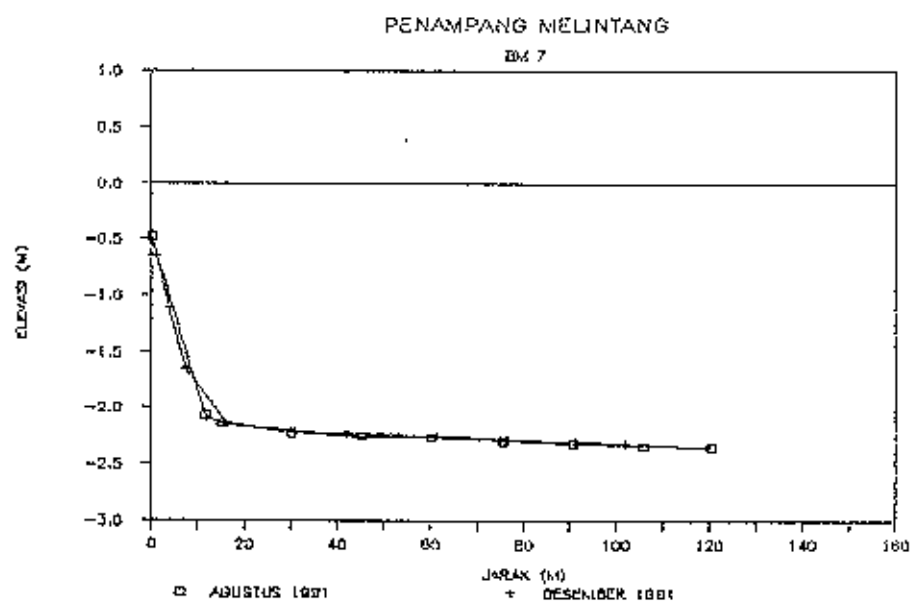


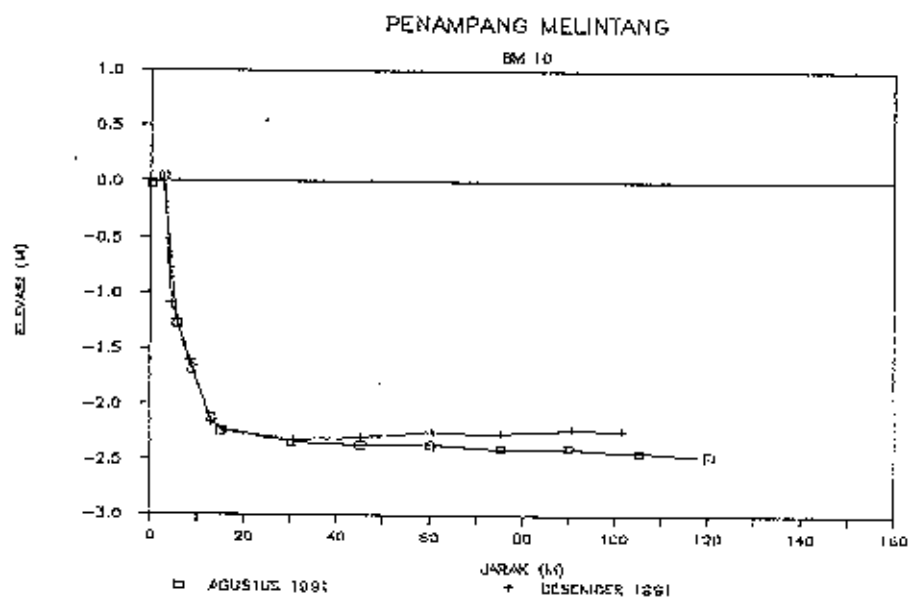
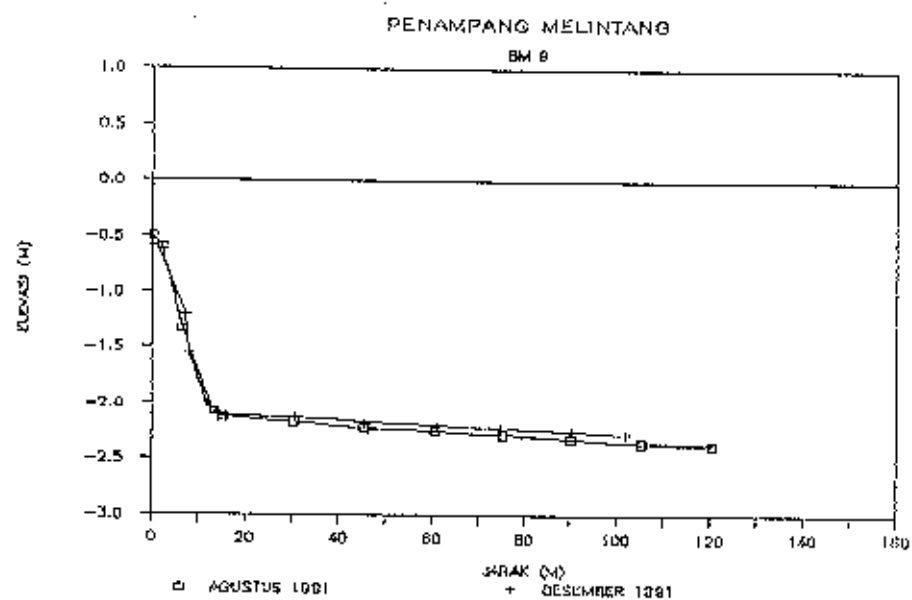
# PENAMPANG MELINTANG

BM 4



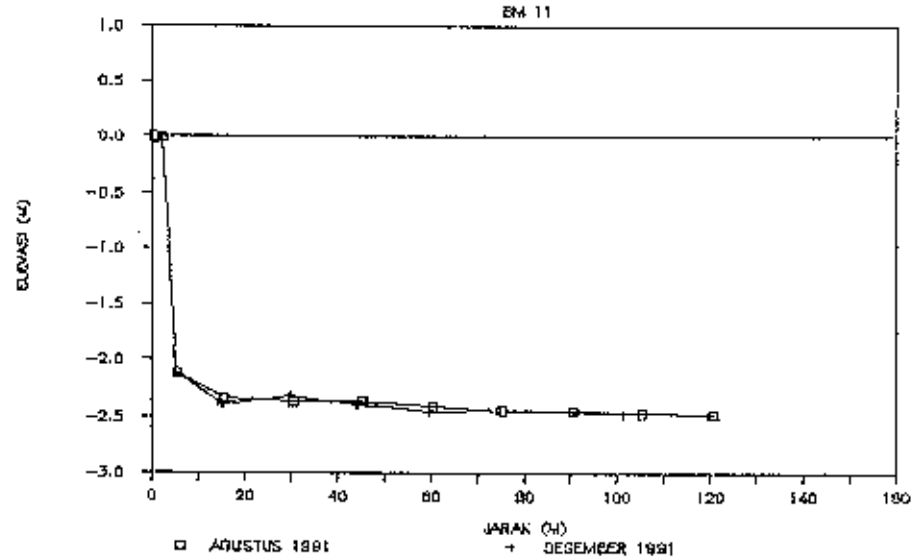






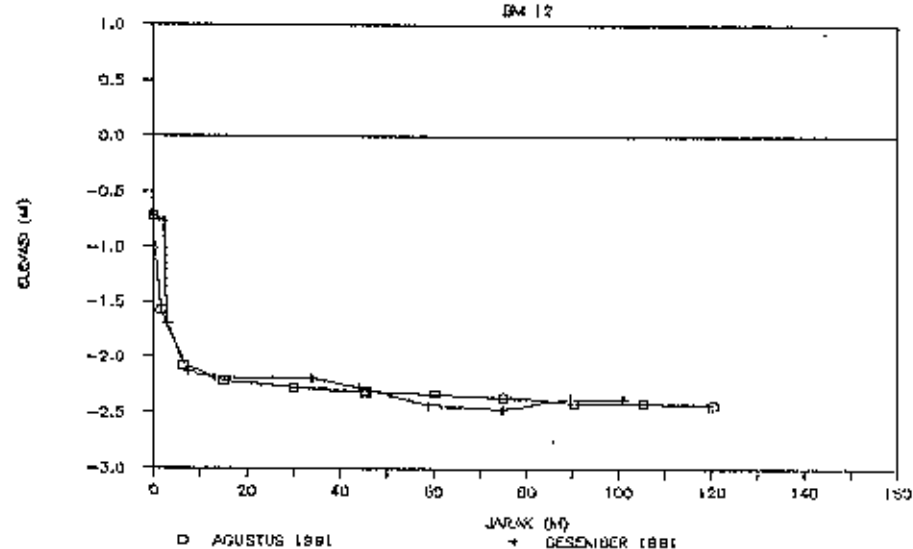
# PENAMPANG MELINTANG

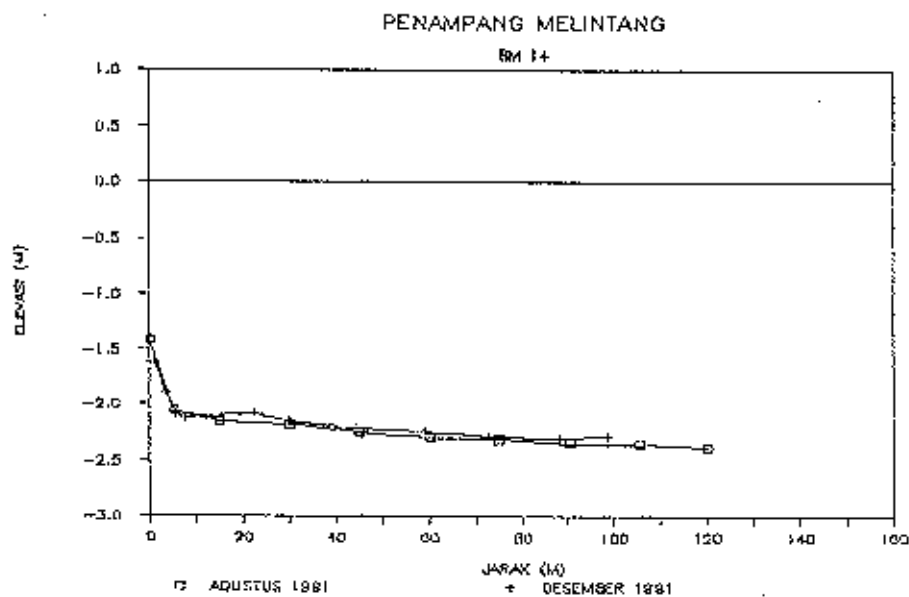
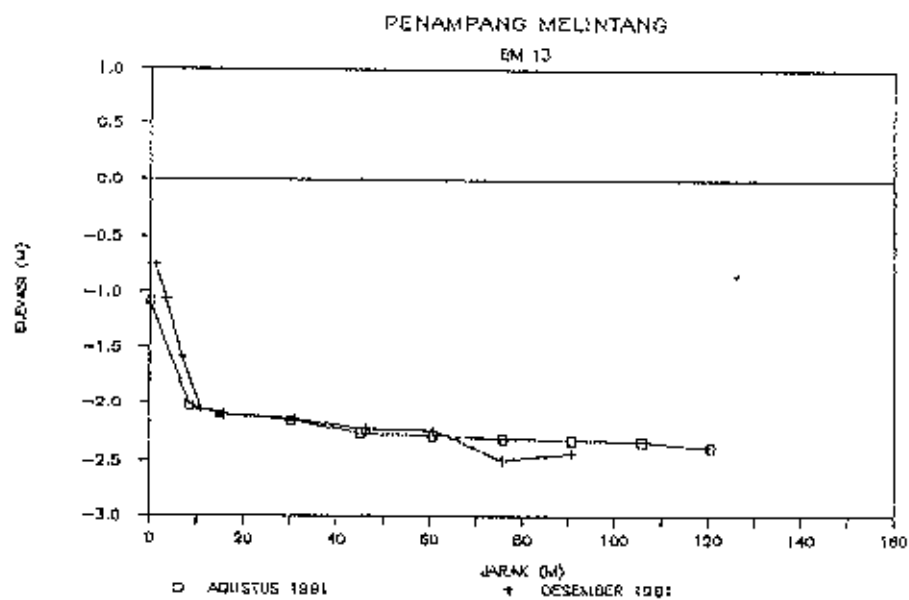
BM 11



# PENAMPANG MELINTANG

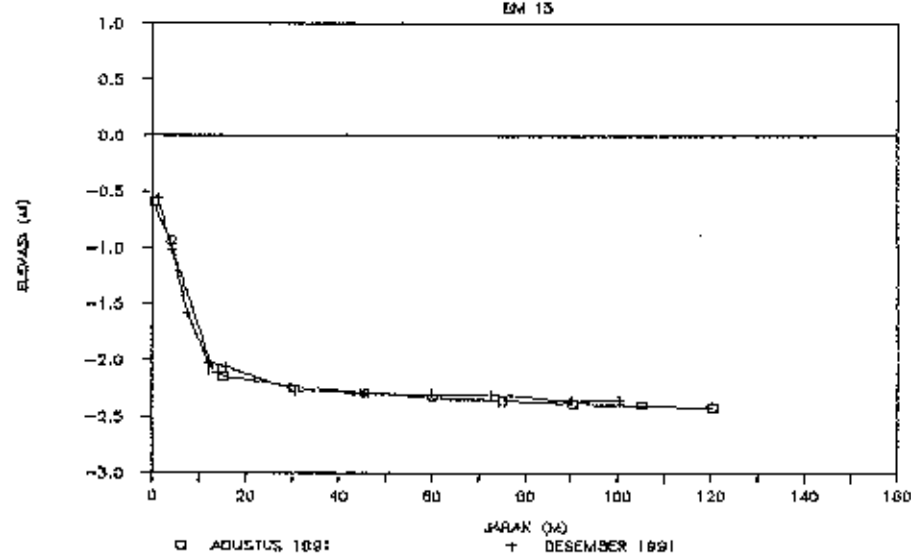
BM 12





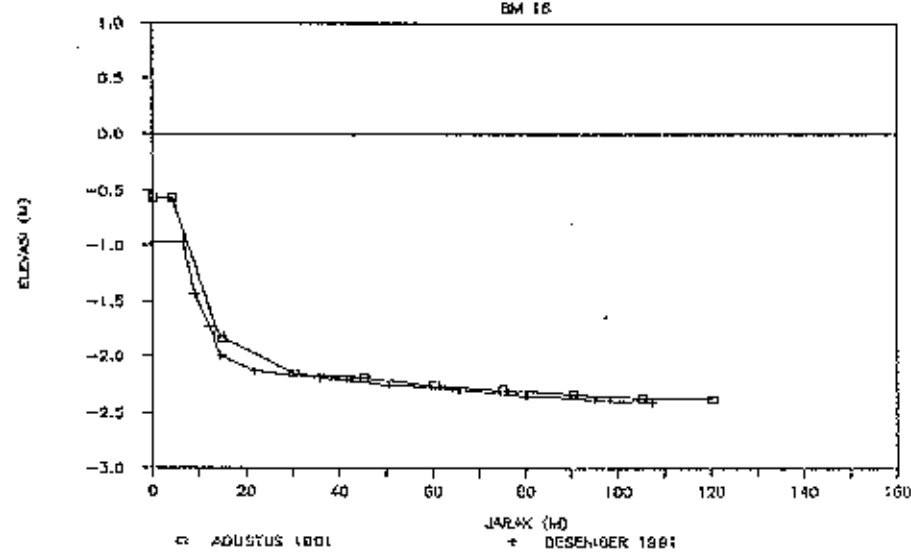
# PENAMPANG MELINTANG

BM 13



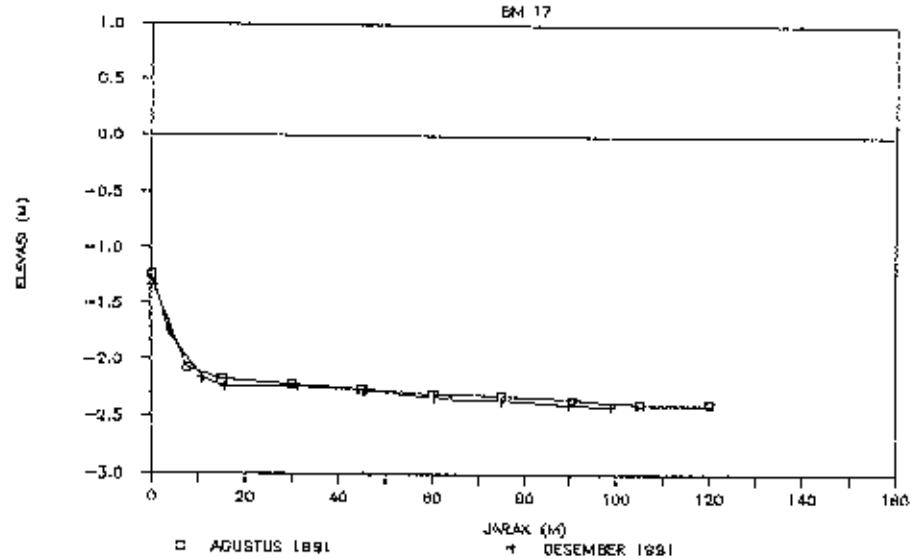
# PENAMPANG MELINTANG

BM 16



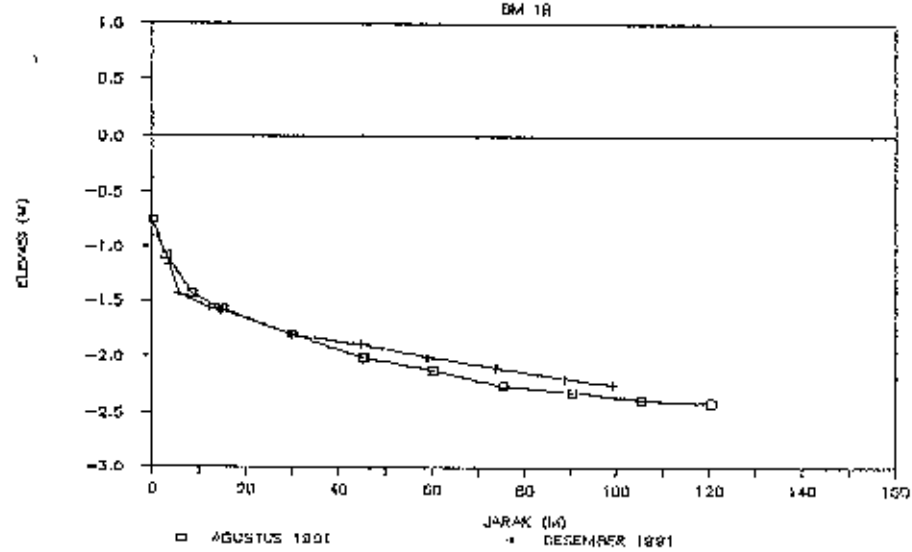
# PENAMPANG MELINTANG

BM 17



# PENAMPANG MELINTANG

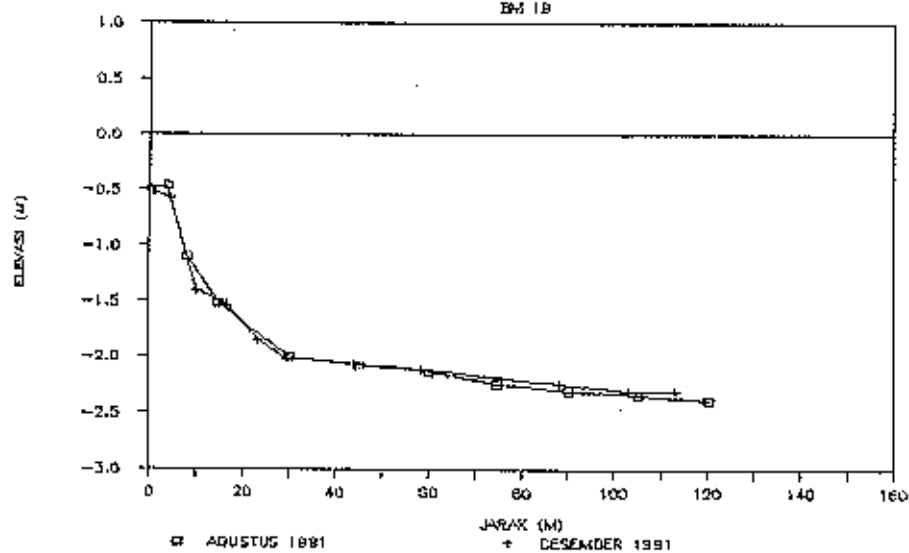
BM 18





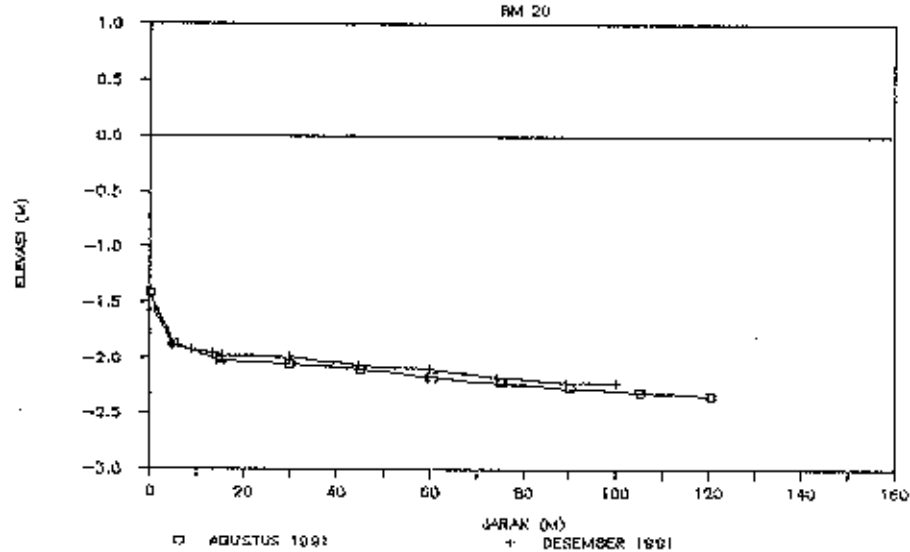
# PENAMPANG MELINTANG

BM 18



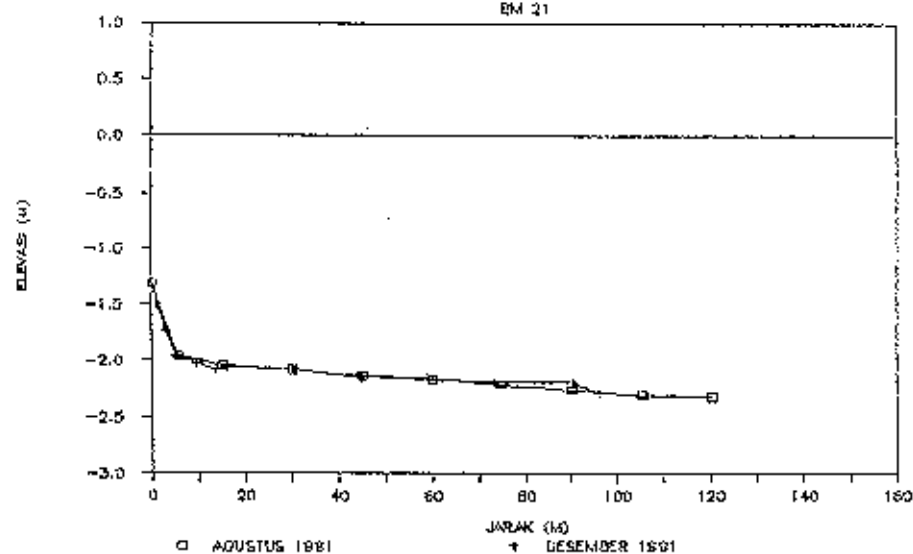
# PENAMPANG MELINTANG

BM 20



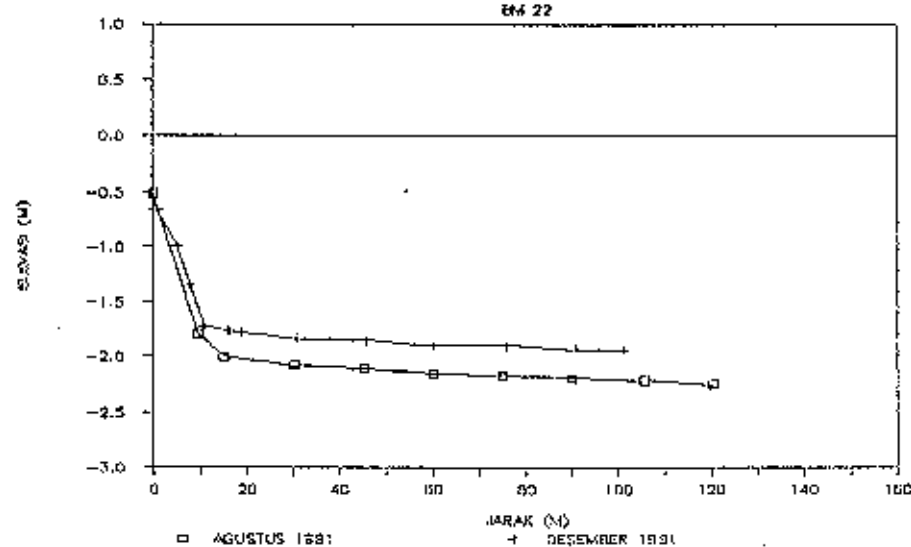
# PENAMPANG MELINTANG

BM 21



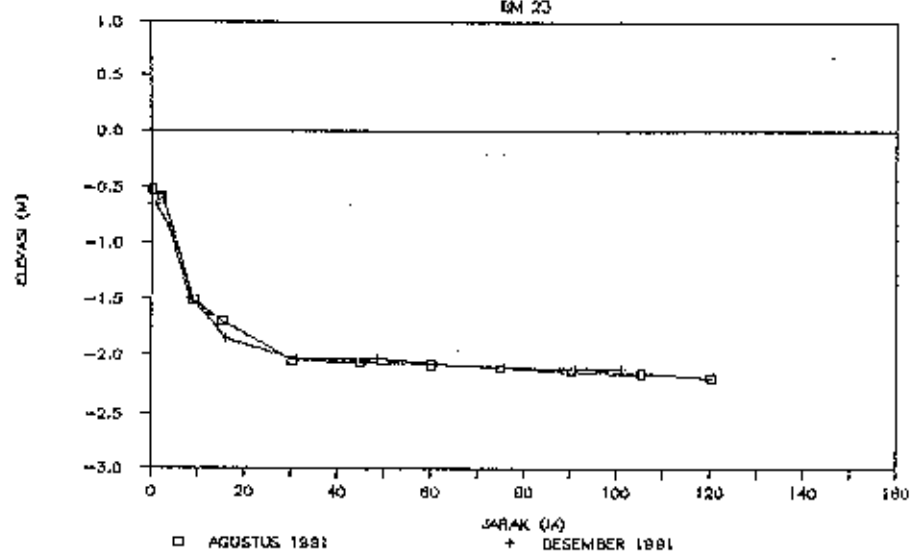
# PENAMPANG MELINTANG

BM 22



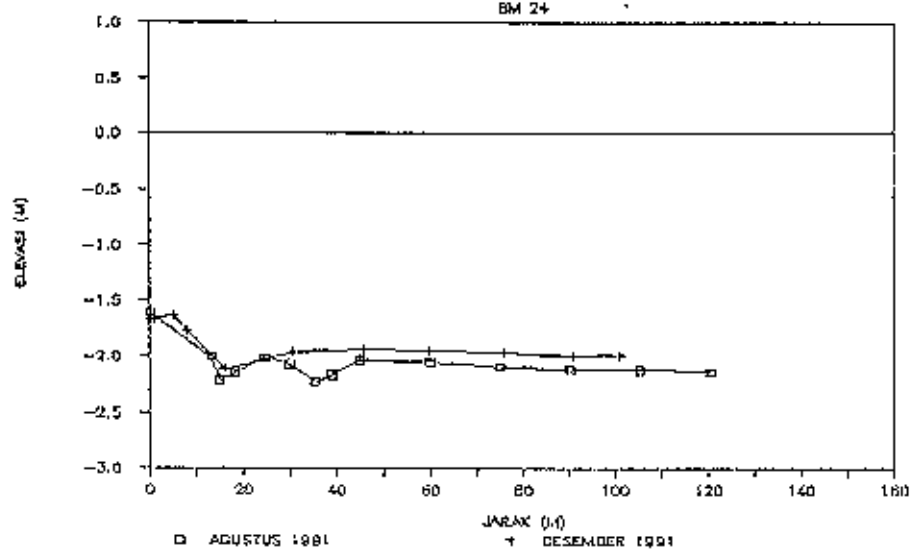
# PENAMPANG MELINTANG

BM 23



# PENAMPANG MELINTANG

BM 24



## LAMPIRAN B.1

### DATA ANGIN DAN ARUS

WEADAH ANGIN DI PROBLINGO

F R E X W E N S I									
A R A H		1-12 MPH	13-18 MPH	19-24 MPH	24> MPH	Total	Kecepatan		
		relatif: %	relatif: %	relatif: %	relatif: %	relatif: %	MPH	m/det	
Utara		20 : 0.54 :	386 : 10.50 :	67 : 1.82 :	4 : 0.11 :	0 : 0.00 :	477 : 12.97 :	8.81 :	3.94 :
Utara - Timur Laut		1 : 0.03 :	98 : 2.67 :	43 : 1.17 :	3 : 0.08 :	0 : 0.00 :	145 : 3.94 :	10.58 :	4.73 :
Timur Laut		12 : 0.33 :	684 : 18.60 :	221 : 6.01 :	9 : 0.24 :	0 : 0.00 :	926 : 25.18 :	10.14 :	4.53 :
Timur - Timur Laut		1 : 0.03 :	22 : 0.60 :	8 : 0.22 :	0 : 0.00 :	0 : 0.00 :	31 : 0.84 :	10.23 :	4.57 :
Timur		7 : 0.19 :	135 : 3.67 :	9 : 0.24 :	1 : 0.03 :	0 : 0.00 :	152 : 4.13 :	7.26 :	3.25 :
Timur - Tenggara		2 : 0.05 :	17 : 0.46 :	6 : 0.16 :	2 : 0.05 :	0 : 0.00 :	27 : 0.73 :	10.36 :	4.63 :
Tenggara		41 : 1.12 :	561 : 15.26 :	169 : 4.60 :	76 : 2.07 :	85 : 2.31 :	932 : 25.35 :	11.26 :	5.03 :
Selatan - Tenggara		3 : 0.08 :	83 : 2.26 :	10 : 0.27 :	12 : 0.33 :	9 : 0.24 :	117 : 3.18 :	10.57 :	4.73 :
Selatan		25 : 0.68 :	260 : 7.07 :	43 : 1.17 :	7 : 0.19 :	2 : 0.05 :	337 : 9.17 :	7.73 :	3.46 :
Selatan - Barat Daya		4 : 0.11 :	11 : 0.30 :	2 : 0.05 :	1 : 0.03 :	0 : 0.00 :	18 : 0.49 :	8.30 :	3.71 :
Barat Daya		20 : 0.54 :	80 : 2.18 :	6 : 0.16 :	0 : 0.00 :	3 : 0.08 :	109 : 2.96 :	7.71 :	3.45 :
Barat - Barat Daya		0 : 0.00 :	2 : 0.05 :	0 : 0.00 :	0 : 0.00 :	0 : 0.00 :	2 : 0.05 :	10.43 :	4.66 :
Barat		17 : 0.46 :	78 : 2.12 :	10 : 0.27 :	4 : 0.11 :	3 : 0.08 :	112 : 3.05 :	8.13 :	3.63 :
Barat - Barat Laut		4 : 0.11 :	19 : 0.52 :	9 : 0.24 :	0 : 0.00 :	0 : 0.00 :	32 : 0.87 :	10.43 :	4.66 :
Barat Laut		14 : 0.38 :	191 : 5.19 :	10 : 0.27 :	6 : 0.16 :	5 : 0.14 :	226 : 6.15 :	7.91 :	3.54 :
Utara - Barat Laut		4 : 0.11 :	24 : 0.65 :	6 : 0.16 :	0 : 0.00 :	0 : 0.00 :	34 : 0.92 :	0.10 :	0.04 :
		175 : 4.76 :	2651 : 72.10 :	619 : 16.83 :	125 : 3.40 :	107 : 2.91 :	3677 :	100 :	

1 MPa = 0.44704 m/det

Sumber : S. Sukardjono, Hery Agustono dan Kadar Yano Waluyo "Laporan Penelitian Potensi Tenaga Angin di Jawa Timur", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 1983

PENGUKURAN ARUS PANTAI KRAKSAAN  
12-8-1991

Jam	lokasi	Jarak dari TPI	posisi	Jarak (m)	waktu (s)	v. (m/s)	arah (°)	d (m)
09.30	B-2	117.1	0.2H	12.00	300	0.040	175	0.90
			0.6H	10.50	300	0.035		
			0.8H	11.25	300	0.038		
09.45	B-3	231.7	0.2H	6.10	326	0.019	182	1.10
			0.6H	6.50	326	0.020		
			0.8H	6.70	326	0.021		
10.05	Antara B-3&B-4	376.7	0.2H	7.00	300	0.023	180	1.25
			0.6H	6.00	300	0.020		
			0.8H	7.00	300	0.023		
10.20	B-4	521.7	0.2H	7.25	300	0.024	130	1.50
			0.6H	7.30	300	0.024		
			0.8H	7.75	300	0.026		
10.35	B-5	817.7	0.2H	9.70	300	0.032	125	1.70
			0.6H	10.70	300	0.036		
			0.8H	10.75	300	0.036		
10.55	B-6	1054.2	0.2H	9.15	300	0.031	80	2.50
			0.6H	9.00	300	0.030		
			0.8H	9.25	300	0.031		
11.15	B-7	1249.9	0.2H	8.25	300	0.028	90	3.10
			0.6H	3.50	300	0.012		
			0.8H	6.00	300	0.020		
11.35	B-8	1550.0	0.2H	9.50	300	0.032	100	3.90
			0.6H	9.25	300	0.031		
			0.8H	12.00	300	0.040		
12.00	B-7	1249.9	0.2H	13.25	191	0.069	90	3.00
			0.6H	17.25	191	0.090		
			0.8H	15.25	191	0.080		
12.15	B-6	1054.2	0.2H	17.05	162	0.105	95	2.45
			0.6H	17.25	162	0.106		
			0.8H	16.90	162	0.104		
12.30	B-5	817.7	0.2H	16.50	126	0.131	80	1.70
			0.6H	17.25	126	0.137		
			0.8H	10.50	126	0.083		
12.45	B-4	521.7	0.2H	14.90	168	0.089	85	1.45
			0.6H	15.25	168	0.091		
			0.8H	10.50	168	0.063		
12.50	Antara B-3&B-4	376.7	0.2H	17.15	169	0.101	83	1.40
			0.6H	17.00	169	0.101		
			0.8H	8.15	169	0.048		
13.15	B-3	231.7	0.2H	16.50	146	0.113	76	1.35
			0.6H	17.25	146	0.118		
			0.8H	14.10	146	0.097		
13.30	B-2	117.1	0.2H	16.10	142	0.113	73	1.05
			0.6H	17.25	142	0.121		
			0.8H	11.50	142	0.081		

## LAMPIRAN B.2

### DATA PASANG SURUT

PASANG SURUT PANTAI KALIBUNTU  
AGUSTUS 1991

7-8-91		8-8-91		9-8-91		10-8-91	
JAM	BACAAN	JAM	BACAAN	JAM	BACAAN	JAM	BACAAN
07.00	-112.4	07.15	-102.4	06.35	-143.9	07.00	-169.4
07.30	-107.4	07.30	-98.4	06.50	-132.4	07.15	-158.4
08.00	-112.4	08.00	-95.9	07.05	-127.4	07.35	-142.4
09.00	-129.9	08.30	-96.4	07.30	-117.4	08.00	-127.4
09.30	-147.4	09.00	-102.4	07.45	-102.9	08.20	-112.9
10.00	-157.4	09.30	-108.9	08.00	-97.4	08.45	-100.9
10.40	-187.4	10.00	-132.4	08.30	-87.4	09.15	-89.4
11.15	-212.4	10.35	-146.9	08.50	-79.9	09.45	-87.4
12.45	-246.9	11.00	-157.9	09.15	-78.4	10.15	-80.9
15.50	-326.9	11.25	-187.4	09.45	-82.4	10.45	-87.4
16.45	-326.9	11.50	-207.4	10.00	-87.4	11.15	-100.9
		12.15	-222.9	10.15	-92.4	11.45	-112.4
		12.25	-230.9	10.30	-99.4	12.15	-137.4
		12.40	-236.9	11.00	-117.4	12.45	-162.4
		12.55	-244.4	11.30	-132.4	13.15	-190.4
		13.15	-252.9	11.45	-142.4	13.45	-213.4
		13.30	-276.9	12.30	-182.4	14.00	-226.9
		14.00	-302.4	12.45	-199.9	14.20	-236.9
		14.30	-321.9	13.10	-222.4	14.30	-244.9
		15.35	-334.9	13.20	-230.9	14.40	-251.9
				13.35	-234.9	15.05	-273.4
				13.45	-242.9	15.40	-301.4
				13.55	-250.9	16.00	-313.4
				14.15	-266.9		
				14.35	-296.9		
				15.00	-312.9		
				15.15	-316.9		
				15.30	-326.9		
				16.15	-336.9		
				16.00	-334.9		



11-8-91

JAM

06.40 -233.4  
 06.45 -221.9  
 06.55 -221.4  
 07.00 -216.9  
 07.05 -197.9  
 07.20 -197.9  
 07.30 -190.9  
 08.00 -160.9  
 08.30 -137.4  
 09.00 -117.4  
 09.30 -97.4  
 10.00 -87.4  
 10.30 -82.4  
 11.00 -82.4  
 11.35 -91.4  
 12.00 -99.9  
 12.30 -117.4  
 13.00 -139.9  
 13.30 -172.4  
 14.00 -198.4  
 14.30 -217.9  
 14.40 -224.9  
 14.45 -232.9  
 15.00 -239.9  
 15.10 -244.4  
 15.20 -257.9  
 15.55 -282.9

12-8-91

JAM

07.50 -228.9  
 08.15 -204.4  
 08.30 -191.9  
 09.00 -169.4  
 09.30 -142.4  
 10.00 -129.9  
 10.30 -110.9  
 11.00 -102.4  
 11.30 -98.9  
 12.00 -102.4  
 12.30 -107.4  
 13.00 -122.4  
 13.30 -137.4  
 14.00 -155.9  
 14.30 -187.4  
 15.00 -209.4  
 15.30 -230.9  
 15.35 -233.9  
 16.00 -246.9  
 16.30 -252.9  
 16.45 -277.9

13-8-91

JAM

07.00 -255.9  
 07.30 -249.9  
 08.00 -244.9  
 08.30 -234.4  
 09.00 -211.9  
 09.30 -185.9  
 10.00 -167.9  
 10.30 -148.4  
 11.00 -141.9  
 11.30 -128.9  
 12.00 -124.9  
 12.30 -123.9  
 13.00 -132.4  
 13.30 -140.9  
 14.00 -153.9  
 14.30 -169.9  
 15.00 -191.4  
 15.30 -213.9  
 16.00 -229.9  
 16.30 -251.9

14-8-91

JAM

07.00 -264.9  
 07.30 -258.9  
 08.00 -250.9  
 08.30 -249.9  
 09.00 -235.9  
 09.30 -228.9  
 10.00 -232.9  
 10.30 -196.9  
 11.00 -185.9  
 11.30 -172.9  
 12.00 -164.9  
 12.30 -162.9  
 13.00 -160.4  
 13.30 -159.4  
 14.00 -167.4  
 14.30 -177.4  
 15.00 -188.4  
 15.30 -203.9  
 16.00 -215.9  
 16.30 -225.9  
 19.00 -267.9  
 19.30 -264.9  
 20.00 -257.9  
 20.30 -251.9  
 21.00 -240.9  
 21.30 -236.9  
 22.00 -220.9  
 22.30 -197.9  
 23.00 -184.4  
 23.30 -170.9

15-8-91

JAM

00.00 -157.9  
 00.30 -148.4  
 01.00 -143.9  
 01.30 -138.9  
 02.00 -135.9  
 02.30 -139.4  
 03.00 -155.4  
 03.30 -164.9  
 04.00 -204.9  
 04.30 -218.9  
 05.00 -227.9  
 05.30 -229.9  
 06.00 -232.9  
 06.30 -241.9  
 07.00 -247.9  
 07.30 -252.9  
 08.00 -258.9  
 08.30 -255.9  
 09.00 -251.9  
 09.30 -247.9  
 10.00 -245.9  
 10.30 -232.9  
 11.00 -219.9  
 11.30 -210.4  
 12.00 -205.9  
 12.30 -194.9  
 13.00 -193.9  
 13.30 -192.4  
 14.00 -190.9  
 14.30 -195.9  
 15.00 -204.9  
 15.30 -209.9  
 16.00 -216.9  
 16.30 -224.9  
 17.00 -231.9  
 17.30 -234.9  
 18.00 -240.9  
 18.30 -248.9  
 19.00 -245.9  
 19.30 -244.9  
 20.00 -243.9  
 20.30 -238.9  
 21.00 -236.9  
 21.30 -231.9  
 22.00 -224.9  
 22.30 -204.9  
 23.00 -194.9  
 23.30 -184.9

16-8-91

JAM

00.00 -164.9  
 00.30 -159.9  
 01.00 -154.9  
 01.30 -144.9  
 02.00 -139.9  
 02.30 -142.9  
 03.00 -147.9  
 03.30 -152.9  
 04.00 -159.9  
 04.30 -168.9  
 05.00 -176.9  
 05.30 -192.9  
 06.00 -204.9  
 06.30 -217.9  
 07.00 -228.9  
 07.30 -237.9  
 08.00 -246.9  
 08.30 -247.9  
 09.00 -252.9  
 09.30 -253.9  
 10.00 -252.9  
 10.30 -247.9  
 11.00 -242.9  
 11.30 -237.9  
 12.00 -233.9  
 12.30 -228.9  
 13.00 -222.9  
 13.30 -220.9  
 14.00 -216.9  
 14.30 -214.9  
 15.00 -214.9  
 15.30 -213.9  
 16.00 -215.9  
 16.30 -218.9  
 17.00 -223.9  
 17.30 -225.9  
 18.00 -229.9  
 18.30 -230.9  
 19.00 -234.9  
 19.30 -233.9  
 20.00 -231.9  
 20.30 -230.9  
 21.00 -224.9  
 21.30 -218.9  
 22.00 -212.9  
 22.30 -204.9  
 23.00 -194.9  
 23.30 -184.9

17-8-91

JAM

00.00 -176.9  
 00.30 -166.9  
 01.00 -162.9  
 01.30 -159.9  
 02.00 -154.9  
 02.30 -152.9  
 03.00 -149.9  
 03.30 -145.9  
 04.00 -150.9  
 04.30 -154.9  
 05.00 -162.4  
 05.30 -173.9  
 06.00 -182.9  
 06.30 -197.9  
 07.00 -209.9  
 07.30 -210.9  
 08.00 -229.9  
 08.30 -235.9  
 09.00 -246.9  
 09.30 -247.9  
 10.00 -250.9  
 10.30 -252.4  
 11.00 -251.9  
 11.30 -250.4  
 12.00 -247.9  
 12.30 -243.9  
 13.00 -246.9  
 13.30 -244.9  
 14.00 -243.9  
 14.30 -242.9  
 15.00 -240.9  
 15.30 -237.9  
 16.00 -232.9  
 16.30 -230.9  
 17.00 -228.9  
 17.30 -229.9  
 18.00 -225.9  
 18.30 -224.9  
 19.00 -220.9  
 19.30 -217.9  
 20.00 -214.9  
 20.30 -209.9  
 21.00 -207.9  
 21.30 -205.9  
 22.00 -204.9  
 22.30 -198.9  
 23.00 -196.9  
 23.30 -194.9

18-8-91

JAM

00.00 -190.9  
 00.30 -186.9  
 01.00 -180.9  
 01.30 -174.9  
 02.00 -170.9  
 02.30 -164.9  
 03.00 -160.9  
 03.30 -156.9  
 04.00 -152.9  
 04.30 -154.9  
 05.00 -156.9  
 05.30 -162.9  
 06.00 -166.9  
 06.30 -172.9  
 07.00 -179.9  
 07.30 -192.9  
 08.00 -205.9  
 08.30 -216.9  
 09.00 -229.9  
 09.30 -238.9  
 10.00 -245.9  
 10.30 -249.9  
 11.00 -254.4  
 11.30 -262.9  
 12.00 -264.4  
 12.30 -264.9  
 13.00 -263.9  
 13.30 -260.9  
 14.00 -259.9  
 14.30 -257.9  
 15.00 -251.4  
 15.30 -245.9  
 16.00 -239.9  
 16.30 -233.9  
 17.00 -235.9  
 17.30 -228.4  
 18.00 -227.9  
 18.30 -224.9  
 19.00 -216.9  
 19.30 -208.9  
 20.00 -204.9  
 20.30 -204.9  
 21.00 -202.9  
 21.30 -199.9  
 22.00 -198.9  
 22.30 -202.9  
 23.00 -200.9  
 23.30 -198.9

19-8-91

20-8-91

JAM

JAM

00.00 -196.9  
00.30 -194.9  
01.00 -190.9  
01.30 -185.9  
02.00 -181.9  
02.30 -176.9  
03.00 -173.9  
03.30 -169.9  
04.00 -165.9  
04.30 -160.9  
05.00 -159.9  
05.30 -157.9  
06.00 -160.9  
06.30 -163.9  
07.00 -165.9  
07.30 -173.9  
08.00 -180.9  
08.30 -194.9  
09.00 -204.9  
09.30 -217.9  
10.00 -234.9  
10.30 -239.9  
11.00 -243.9  
11.30 -248.9  
12.00 -252.9  
12.30 -261.4  
13.00 -271.9  
13.30 -274.9  
14.00 -276.4  
14.30 -275.9  
15.00 -274.4  
15.30 -269.9  
16.00 -264.4  
16.30 -258.9  
17.00 -249.9  
17.30 -247.9  
18.00 -235.4  
18.30 -225.9  
19.00 -214.9  
19.30 -206.9  
20.00 -198.9  
20.30 -195.9  
21.00 -194.9  
21.30 -194.9  
22.00 -190.9  
22.30 -186.9  
23.00 -186.9  
23.30 -194.9

00.00 -198.9  
00.30 -204.9  
01.00 -204.9  
01.30 -200.9  
02.00 -202.9  
02.30 -194.9  
03.00 -190.9  
03.30 -184.9  
04.00 -174.9  
04.30 -166.9  
05.00 -160.9  
05.30 -152.9  
06.00 -146.9  
06.30 -144.9  
07.00 -144.9  
07.30 -149.9  
08.00 -154.9  
08.30 -160.9  
09.00 -182.9  
09.30 -191.9  
10.00 -202.9  
10.30 -209.9  
11.00 -229.9  
11.30 -238.9  
12.00 -246.9  
12.30 -251.9  
13.00 -254.9  
13.30 -261.9  
14.00 -264.9  
14.30 -262.9  
15.00 -261.9  
15.30 -258.9  
16.00 -254.9  
16.30 -255.9  
17.00 -252.9  
17.30 -247.4  
18.00 -242.9  
18.30 -237.9  
19.00 -232.9  
19.30 -227.9  
20.00 -224.9  
20.30 -220.9  
21.00 -217.9

J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24					
1	15	16	16	15	15	16	17	18	20	21	22	21	19	16	13	9	7	5	4	3	2	1	4	7	11	14	16	16	11
2	15	16	16	16	15	15	16	18	19	20	20	19	17	14	11	8	5	3	2	1	4	6	9	12	15	17	15	16	11
3	15	16	17	17	16	16	17	18	19	20	21	22	21	19	16	13	9	7	5	4	3	2	1	4	7	11	14	16	11
4	15	17	18	18	17	16	16	17	18	19	20	21	22	21	19	16	13	9	7	5	4	3	2	1	4	7	11	14	16
5	15	17	18	18	17	16	16	17	18	19	20	21	22	21	19	16	13	9	7	5	4	3	2	1	4	7	11	14	16
6	14	16	18	20	21	21	20	18	16	14	12	11	10	10	10	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13
7	14	15	18	20	21	21	20	18	16	14	12	11	10	10	10	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13
8	14	15	17	19	21	23	23	22	21	18	15	11	8	6	5	4	3	2	1	4	6	9	12	15	17	15	16	11	
9	14	14	15	16	18	20	22	24	24	23	21	18	15	11	8	5	4	3	2	1	4	6	9	12	15	17	15	16	
10	14	14	15	16	18	20	22	24	24	23	21	18	15	11	8	5	4	3	2	1	4	6	9	12	15	17	15	16	
11	15	14	14	15	16	18	20	22	24	24	23	21	18	15	11	8	5	4	3	2	1	4	6	9	12	15	17	15	
12	16	15	14	14	15	17	20	22	25	26	25	22	18	13	8	4	1	1	2	5	9	12	15	17	15	16	11		
13	17	16	15	14	14	15	17	20	23	25	25	24	21	16	11	6	3	1	2	4	7	11	14	16	15	16	11		
14	17	16	15	14	14	15	17	20	23	25	25	24	21	16	11	6	3	1	2	4	7	11	14	16	15	16	11		
15	17	17	16	15	14	14	15	17	20	23	25	25	24	21	16	11	6	3	1	2	4	7	11	14	16	15	16	11	
16	17	18	18	17	16	16	17	18	20	21	22	21	19	16	13	9	7	5	4	3	2	1	4	7	11	14	16	15	16
17	16	18	18	17	16	16	17	18	20	21	22	21	19	16	13	9	7	5	4	3	2	1	4	7	11	14	16	15	16
18	16	18	18	17	16	16	17	18	20	21	22	21	19	16	13	9	7	5	4	3	2	1	4	7	11	14	16	15	16
19	15	17	18	19	19	18	17	15	14	13	12	11	10	10	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13
20	15	17	18	19	20	20	19	17	15	13	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	4	7	11	14	16	15	16	
21	15	16	19	19	20	21	20	19	17	15	13	10	8	7	6	5	4	3	2	1	4	6	9	12	15	17	15	16	
22	15	16	17	19	20	21	21	21	19	17	14	11	8	6	5	4	3	2	1	4	6	9	12	15	17	15	16		
23	16	16	17	19	20	21	22	23	23	21	19	16	13	9	7	5	4	3	2	1	4	6	9	12	15	17	15	16	
24	16	16	16	17	19	21	23	23	23	21	19	16	13	9	7	5	4	3	2	1	4	6	9	12	15	17	15	16	
25	16	16	15	16	17	18	20	22	24	24	23	20	16	11	7	4	3	2	1	4	5	8	11	13	15	16	15	16	
26	16	16	15	15	15	17	19	21	23	24	23	21	18	14	9	6	4	3	2	1	4	5	8	11	13	15	16	15	
27	16	16	15	14	13	13	15	17	19	21	23	23	22	19	16	11	8	5	4	3	2	1	4	5	8	11	13	15	
28	16	16	15	14	13	13	15	17	19	21	23	23	22	19	16	11	8	5	4	3	2	1	4	5	8	11	13	15	
29	17	16	15	14	13	13	15	17	19	21	22	22	20	17	13	10	7	5	4	3	2	1	4	5	8	11	13	15	
30	17	17	16	14	13	12	13	14	16	19	20	21	20	18	15	12	9	7	6	5	4	3	2	1	4	5	8	11	
31	18	18	17	15	14	12	12	13	14	16	18	19	18	16	13	10	8	7	6	5	4	3	2	1	4	5	8	11	

## AGUSTUS 1991

1	18	19	18	17	15	12	12	13	15	18	21	23	24	23	21	17	12	7	4	2	5	8	12	15	18	18	
2	19	20	20	19	17	15	13	12	11	10	11	12	12	12	12	11	10	10	9	7	11	14	17	19	19	11	
3	18	20	20	19	17	15	13	12	11	10	11	12	12	12	12	11	10	9	7	11	14	17	19	19	11		
4	17	19	18	16	14	12	10	9	9	9	9	9	9	9	9	10	11	12	12	12	12	12	12	12	12		
5	16	18	20	21	22	22	21	19	16	14	11	7	6	7	8	9	11	12	13	14	14	14	15	15	15		
6	15	17	18	20	21	22	23	23	22	20	16	12	8	5	3	3	4	7	10	12	15	16	16	16	16		
7	15	14	14	15	16	18	20	22	24	24	22	19	15	10	6	3	2	3	5	8	11	14	16	17	17		
8	15	14	14	15	16	18	20	22	24	24	22	19	15	10	6	3	2	3	5	8	11	14	16	17	17		
9	15	14	14	15	16	18	20	22	24	24	22	19	15	10	6	3	2	3	5	8	11	14	16	17	17		
10	16	15	13	13	15	18	21	23	24	23	21	17	12	7	4	2	5	8	12	15	18	18	18	18	10		
11	16	15	14	12	12	15	18	21	23	24	23	21	17	12	7	4	2	5	8	12	15	18	18	18	10		
12	16	17	15	13	11	11	13	15	18	20	21	20	18	15	12	9	6	4	3	7	10	13	16	17	19	11	
13	16	17	15	13	11	11	13	15	18	20	21	20	18	15	12	9	6	4	3	7	10	13	16	17	19	11	
14	16	17	15	13	11	11	13	15	18	20	21	20	18	15	12	9	6	4	3	7	10	13	16	17	19	11	
15	16	17	15	13	11	11	13	15	18	20	21	20	18	15	12	9	6	4	3	7	10	13	16	17	19	11	
16	16	17	15	13	11	11	13	15	18	20	21	20	18	15	12	9	6	4	3	7	10	13	16	17	19	11	
17	16	17	15	13	11	11	13	15	18	20	21	20	18	15	12	9	6	4	3	7	10	13	16	17	19	11	
18	16	17	15	13	11	11	13	15	18	20	21	20	18	15	12	9	6	4	3	7	10	13	16	17	19	11	
19	16	17	15	13	11	11	13	15	18	20	21	20	18	15	12	9	6	4	3	7	10	13	16	17	19	11	
20	17	18	18	19	20	20	19	17	15	13	10	7	6	5	4	3	2	1	4	7	11	14	17	17	17	17	
21	17	18	18	19	20	21	21	21	20	19	17	14	11	8	6	5	4	3	2	1	4	7	11	14	17	17	
22	16	16	16	17	18	20	21	22	22	22	21	19	16	13	9	6	4	3	2	1	4	6	9	12	15	17	
23	16	15	15	16	17	18	20	22	22	22	22	21	19	16	13	9	6	4	3	2	1	4	6	9	12	15	
24	16	15	14	14	15	17	19	21	22	22	22	21	19	16	13	9	6	4	3	2	1	4	6	9	12	15	
25	16	15	14	13	12	13	14	17	19	21	21	21	20	18	15	12	9	6	4	3	2	1	4	6	9	12	
26	17	16	13	11	11	12	14	17	19	21	21	21	20	18	15	12	9	6	4	3	2	1	4	6	9	12	
27	18	16	13	11	11	12	14	17	19	21	21	21	20	18	15	12	9	6	4	3	2	1	4	6	9	12	
28	19	17	13	10	10	12	14	17	19	21	21	21	20	18	15	12	9	6	4	3	2	1	4	6	9	12	
29	20	19	16	13	11	11	12	14	17	19	21	21	21	20	18	15	12	9	6	4	3	2	1	4	6	9	12
30	21	20	18	16	13	10	9	8	7	10	11	13	13	13	13	11	10	10	11	13	15	18	18	20	20	20	
31	21	21	20	18	15	13	10	9	8	7	10	11	13	13	13	11	10	10	11	13	15	18	18	20	20	20	

LAMPIRAN C.

ANALISA GELOMBANG

Analisa gelombang Hso  
Barat Laut

Fetch = 66670 m

U (mph)	U (m/t)	Ua (m/t)	Hs (m)	P (%)	Log(p)
0	0.045	0.016	0.002	6.146	0.789
1	0.447	0.264	0.035	5.765	0.761
13	5.808	6.180	0.816	0.571	-0.243
19	8.488	9.856	1.301	0.299	-0.524
25	11.169	13.814	1.823	0.136	-0.866

Regression Output:

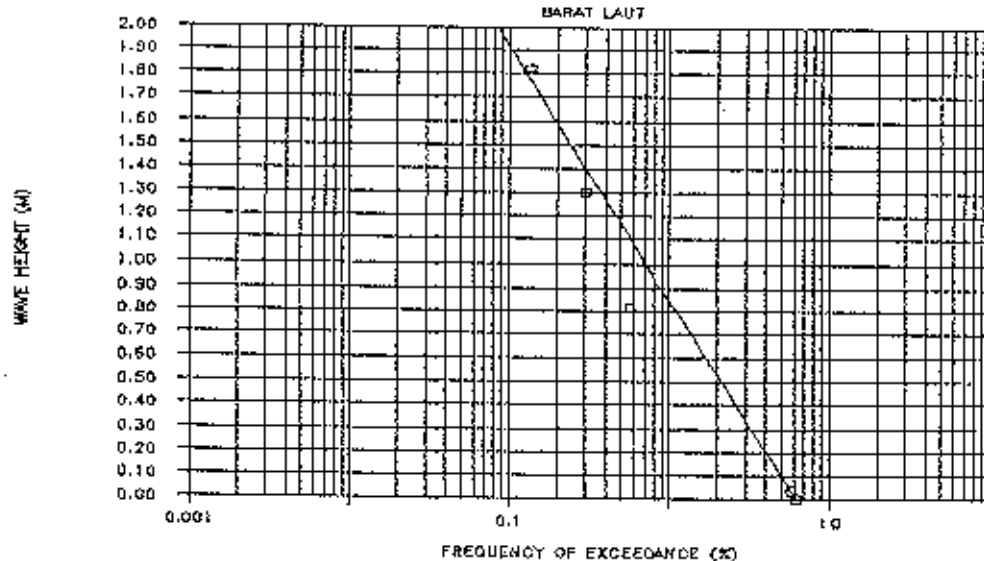
Constant 0.729324  
Std Err of Y Est 0.147357  
R Squared 0.971480  
No. of Observations 5  
Degrees of Freedom 3

X Coefficient(s) -0.93843  
Std Err of Coef. 0.092831

H	P(%)	Log(p)	f	Ua(m/s)	T(s)
0.00	6.229	0.794			
0.10	5.018	0.701	2.186	0.758	2.306
0.20	4.043	0.607			
0.30	3.257	0.513	1.419	2.273	3.326
0.40	2.624	0.419			
0.50	2.114	0.325	0.921	3.788	3.943
0.60	1.703	0.231			
0.70	1.372	0.137	0.598	5.303	4.411
0.80	1.106	0.044			
0.90	0.891	-0.050	0.388	6.818	4.796
1.00	0.718	-0.144			
1.10	0.578	-0.238	0.252	8.334	5.128
1.20	0.466	-0.332			
1.30	0.375	-0.426	0.163	9.849	5.422
1.40	0.302	-0.519			
1.50	0.244	-0.613	0.106	11.364	5.687
1.60	0.196	-0.707			
1.70	0.158	-0.801	0.069	12.879	5.929
1.80	0.127	-0.895			
1.90	0.103	-0.989	0.046	14.395	6.153
2.00	0.083	-1.082			

# FREQUENCY OF EXCEEDANCE

BARAT LAUT



Analisa gelombang Hso  
Utara - Barat Laut

Fetch = 65450 m

U (mph)	U (m/t)	Ua (m/t)	Hs (m)	p (%)	Log(p)
0	0.045	0.016	0.002	0.925	-0.034
1	0.447	0.264	0.034	0.816	-0.088
13	5.808	6.180	0.808	0.163	-0.788
19	8.488	9.856	1.289		

Regression Output:

Constant	-0.04402
Std Err of Y Est	0.017392
R Squared	0.999144
No. of Observations	3
Degrees of Freedom	1

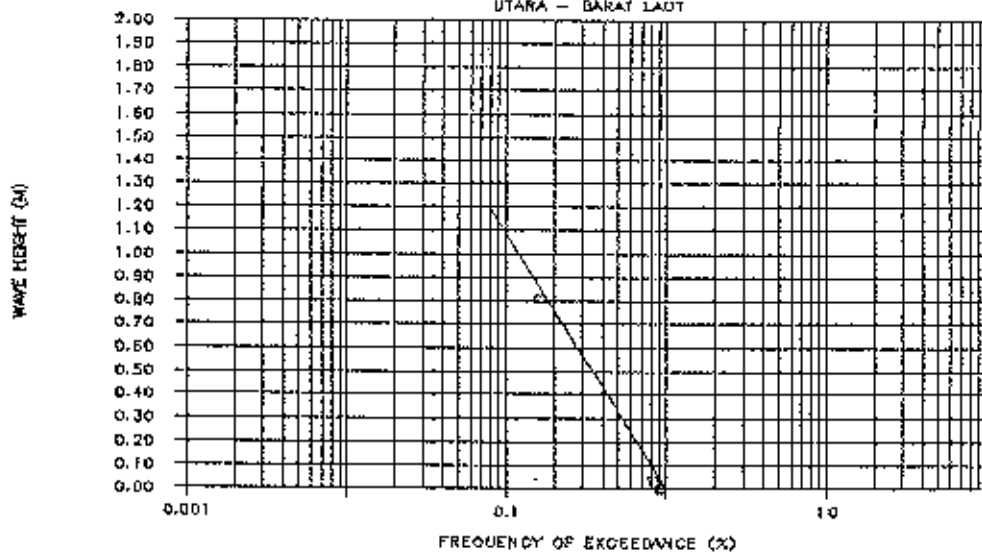
X Coefficient(s)	-0.92103
Std Err of Coef.	0.026952

H	p (%)	Log(p)	f	Ua (m/s)	T (s)
0.00	1.004	0.002			
0.10	0.812	-0.090	0.347	0.765	2.299
0.20	0.657	-0.183			
0.30	0.531	-0.275	0.227	2.294	3.315
0.40	0.430	-0.367			
0.50	0.348	-0.459	0.149	3.823	3.931
0.60	0.281	-0.551			
0.70	0.227	-0.643	0.097	5.352	4.397
0.80	0.184	-0.735			
0.90	0.149	-0.827	0.064	6.882	4.782
1.00	0.120	-0.919			
1.10	0.097	-1.012	0.042	8.411	5.112
1.20	0.079	-1.104			



# FREQUENCY OF EXCEEDANCE

UTARA - BARAT LAUT



Analisa gelombang Hso  
Utara

Fetch = 60060 m

U (mph)	U (m/t)	Ua (m/t)	Hs (m)	p (%)	Log(p)
0	0.045	0.016	0.002	12.973	1.113
1	0.447	0.264	0.033	12.429	1.094
13	5.808	5.180	0.774	1.931	0.286
19	8.488	9.856	1.235	0.109	-0.963
25	11.169	13.814	1.730		

Regression Output:

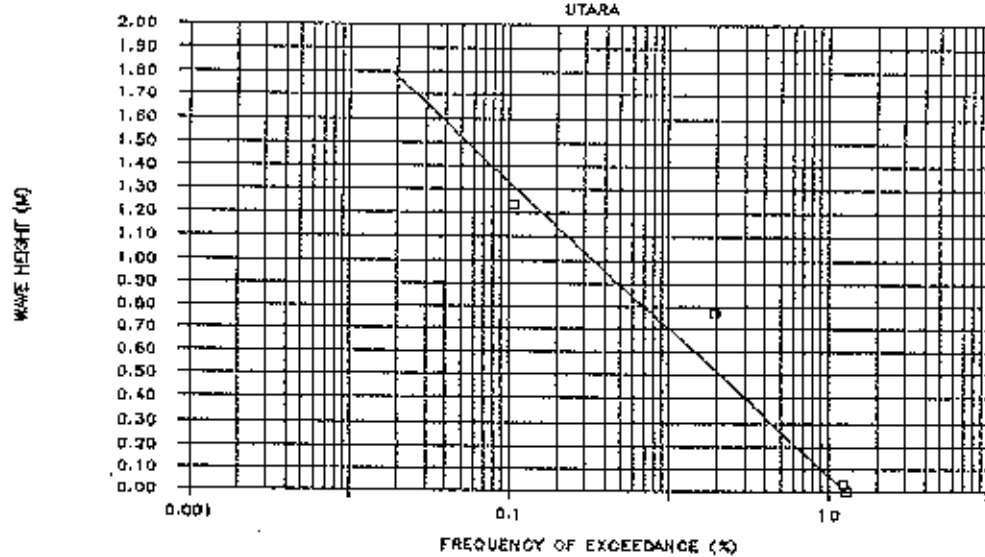
Constant 1.191734  
Std Err of Y Est 0.273669  
R Squared 0.947609  
No. of Observations 4  
Degrees of Freedom 2

X Coefficient(s) -1.58357  
Std Err of Coef. 0.263289

H	p (%)	Log(p)	f	Ua(m/s)	T(s)
0.00	12.991	1.114			
0.10	9.022	0.955	6.726	0.798	2.266
0.20	6.265	0.797			
0.30	4.351	0.639	3.244	2.395	3.268
0.40	3.022	0.480			
0.50	2.098	0.322	1.564	3.991	3.875
0.60	1.457	0.164			
0.70	1.012	0.005	0.754	5.587	4.335
0.80	0.703	-0.153			
0.90	0.488	-0.312	0.364	7.184	4.714
1.00	0.339	-0.470			
1.10	0.235	-0.628	0.175	8.780	5.040
1.20	0.163	-0.787			
1.30	0.114	-0.945	0.085	10.377	5.328
1.40	0.079	-1.103			
1.50	0.055	-1.262	0.041	11.973	5.589
1.60	0.038	-1.420			
1.70	0.026	-1.578	0.020	13.570	5.827
1.80	0.018	-1.737			

# FREQUENCY OF EXCEEDANCE

UTARA



Analisa gelombang Hso  
Utara - Timor Laut

Fetch = 71200 m

U (mph)	U (m/t)	Ua (m/t)	Hs (m)	p (%)	Log(p)
0	0.045	0.016	0.002	3.943	0.596
1	0.447	0.264	0.036	3.916	0.593
13	5.808	6.180	0.843	1.251	0.097
19	8.488	9.856	1.344	0.082	-1.086
25	11.169	13.814	1.884		

Regression Output:

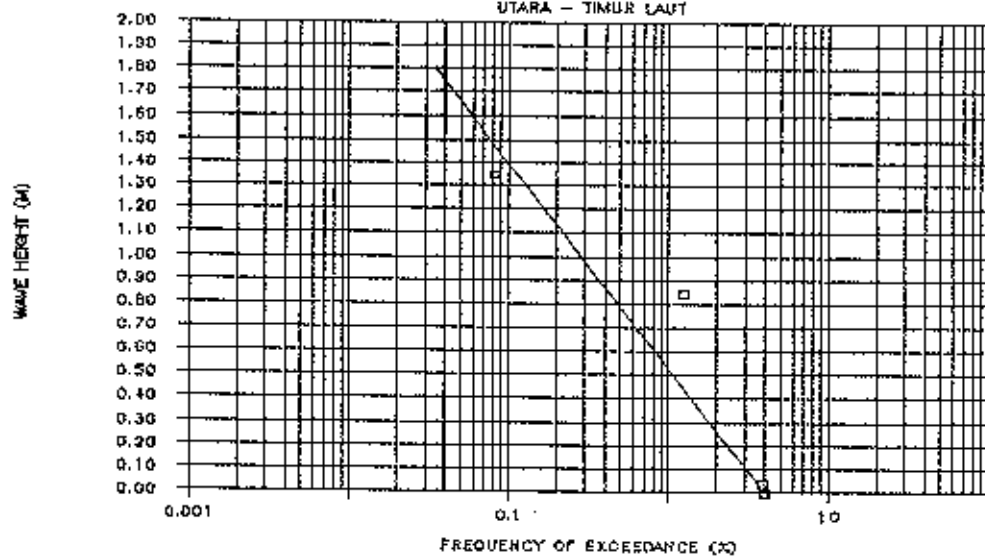
Constant 0.686922  
Std Err of Y Est 0.321199  
R Squared 0.890580  
No. of Observations 4  
Degrees of Freedom 2

X Coefficient(s) -1.14508  
Std Err of Coef. 0.263814

H	p (%)	Log(p)	f	Ua(m/s)	T(s)
0.00	3.978	0.600			
0.10	3.056	0.485	1.630	0.733	2.331
0.20	2.347	0.371			
0.30	1.803	0.256	0.952	2.199	3.362
0.40	1.385	0.142			
0.50	1.064	0.027	0.568	3.656	3.986
0.60	0.818	-0.087			
0.70	0.628	-0.202	0.335	5.132	4.460
0.80	0.483	-0.316			
0.90	0.371	-0.431	0.198	6.598	4.849
1.00	0.285	-0.545			
1.10	0.219	-0.660	0.117	8.064	5.185
1.20	0.168	-0.774			
1.30	0.129	-0.889	0.069	9.530	5.482
1.40	0.099	-1.004			
1.50	0.076	-1.118	0.041	10.997	5.749
1.60	0.059	-1.233			
1.70	0.045	-1.347	0.024	12.463	5.994
1.80	0.035	-1.462			

# FREQUENCY OF EXCEEDANCE

UTARA - TIMUR LAUT



Analisa gelombang Hso  
Timur Laut

Fetch = 77850 m

U (mph)	U (m/t)	Ua (m/t)	Hs (m)	p (%)	Log(p)
0	0.045	0.016	0.002	25.183	1.401
1	0.447	0.264	0.038	24.857	1.395
13	5.808	6.180	0.881	6.255	0.796
19	8.488	9.856	1.406	0.245	-0.611
25	11.169	13.814	1.970		

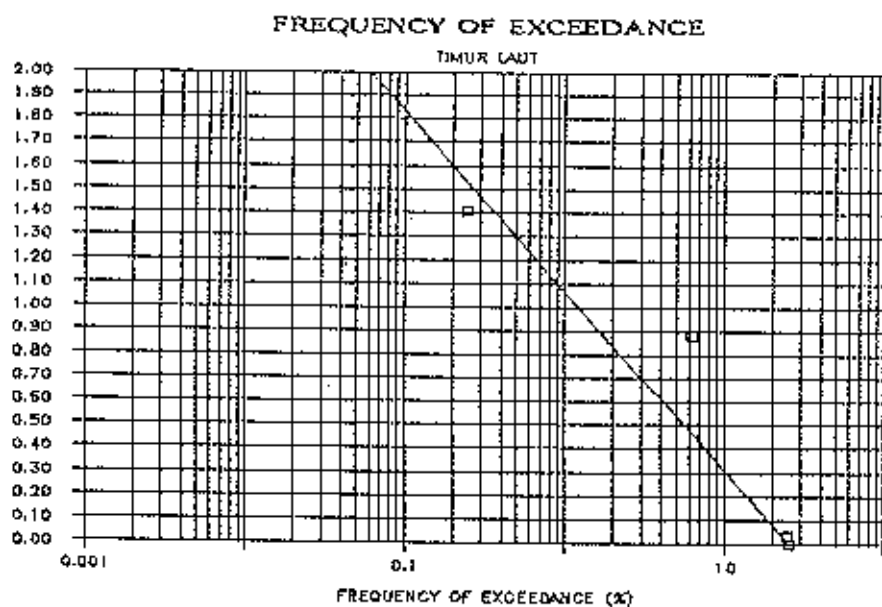
Regression Output:

Constant 1.508008  
Std Err of Y Est 0.379398  
R Squared 0.893156  
No. of Observations 4  
Degrees of Freedom 2

X Coefficient(s) -1.31090  
Std Err of Coef. 0.320601

H	P(%)	Log(p)	f	Ua(m/s)	T(s)
0.00	25.243	1.402			
0.10	18.656	1.271	11.441	0.701	2.366
0.20	13.803	1.140			
0.30	10.206	1.009	6.256	2.103	3.413
0.40	7.547	0.878			
0.50	5.581	0.747	3.420	3.505	4.046
0.60	4.127	0.616			
0.70	3.052	0.485	1.870	4.908	4.526
0.80	2.256	0.353			
0.90	1.659	0.222	1.023	6.310	4.922
1.00	1.234	0.091			
1.10	0.912	-0.040	0.559	7.712	5.262
1.20	0.675	-0.171			
1.30	0.499	-0.302	0.306	9.114	5.564
1.40	0.369	-0.433			
1.50	0.273	-0.564	0.167	10.516	5.836
1.60	0.202	-0.695			
1.70	0.149	-0.826	0.091	11.919	6.084
1.80	0.110	-0.957			
1.90	0.082	-1.089	0.050	13.321	6.314
2.00	0.060	-1.220			

WAVE HEIGHT (M)



LAMPIRAN C.2

PROGRAM CERC FORMULA



```

1      PROGRAM CERC FORMULA
2
3      IMPLICIT REAL(K-N)
4      CHARACTER GP*12,DG*12
5      DIMENSION T(99),HO(99),Q(99),F(99)
6
7      WRITE(*,11)
8      11 FORMAT(/1X'
9          +      /1X'
10         +      /1X'
11         +      /1X'
12         +      /1X'
13         +      /1X'
14
15         RAD=0.0175329252
16         PI=3.141592654
17         BI=0.6
18
19         WRITE(*,22)
20         22 FORMAT(
21             +      //1X'DATA GELOMBANG      : '\)
22             READ(*,333)DG
23             WRITE(*,33)
24             33 FORMAT(1X'GARIS PANTAI      : '\)
25             READ(*,333)GP
26             333 FORMAT(A12)
27             WRITE(*,313)
28             313 FORMAT(1X'SUDUT GARIS PANTAI : '\)
29             READ(*,*)ALPA
30             OPEN(5,FILE=DG,STATUS='OLD')
31             OPEN(6,FILE=GP,STATUS='NEW')
32
33             1 WRITE(6,323)GP,ALPA,BI
34             323 FORMAT(
35                 +      /1X'PERHITUNGAN SEDIMENT TRANSPORT'
36                 +      /1X'METODE CERC FORMULA'
37                 +      //1X'GARIS PANTAI      : 'A12
38                 +      /1X'SUDUT GARIS PANTAI (α) : 'F5.1
39                 +      /1X'BREAKING INDEX (γ)      : 'F5.1/)
40
41             WRITE(*,40)
42             WRITE(6,40)
43             40 FORMAT(1X,120('-',),
44                 +/2X'No'5X'Ho'6X'T'7X'θ'6X'Qo'6X'Lo'6X'Co'6X'db'6X'Lb'6X'Cb'7X'Qb'6
45                 +X'Hb'5X'gamma'5X'f'9X'Sx'
46                 +/8X'(m)'5X'(s)'5X'(')'5X'(')'5X'(m)'4X'(m/s)'4X'(m)'5X'(m)'4X'(m/s
47                 +)'4X'(')'5X'(m)'13X'('%)'6X'(m3/th)'
48                 +/1X,120('-',))
49
50             50 I=I+1
51             READ(5,*,ERR=120)HO(I),T(I),Q(I),F(I)
52
53             U=ALPA-90
54             IF(U.GE.0) GOTO 55
55             U=U+360

```

```

56      IF(Q(I).GE.270.AND.Q(I).LT.360) THEN
57      QOS=Q(I)-U
58      GOTO 58
59      ENDIF
60      IF(Q(I).GE.0.AND.Q(I).LE.90) THEN
61      QOS=Q(I)+360-U
62      GOTO 58
63      ENDIF
64      55 IF(Q(I).GE.270.AND.Q(I).LT.360) THEN
65      QOS=(0-U)+(Q(I)-360)
66      GOTO 58
67      ENDIF
68      IF(Q(I).GE.0.AND.Q(I).LE.90) THEN
69      QOS=Q(I)-U
70      GOTO 58
71      ENDIF
72
73      58 QO=QOS/RAD
74      CO=1.56*T(I)
75      LO=1.56*T(I)**2
76      LA=LO
77
78      DB=1.6*HO(I)
79
80      60 LB=LO*TANH(2*PI*DB/LA)
81      IF(LB.EQ.LA.OR.ABS(LB-LA).LT.0.001) GOTO 70
82      LA=(2*LB+LA)/3
83      GOTO 60
84
85      70 CB=LB/T(I)
86      SINQB=SIN(QO)*CB/CO
87      IF(ABS(SINQB).GT.1) GOTO 80
88      QB=ASIN(SINQB)
89
90      TWOKD=4*PI*DB/LB
91      N=0.5*(1+TWOKD/SINH(TWOKD))
92      KSSQR=CO/(2*N*CB)
93      KRSQR=COS(QO)/COS(QB)
94      IF(KSSQR.LT.0.OR.KRSQR.LT.0) GOTO 80
95      KS=SQRT(KSSQR)
96      KR=SQRT(KRSQR)
97
98      HB=HO(I)*KR*KS
99      GAMA=HB/DB
100     IF(GAMA.EQ.BI.OR.ABS(GAMA-BI).LT.0.001) GOTO 100
101     DB=HB/BI
102     GOTO 60
103
104     80 WRITE(*,90) I,HO(I),T(I),Q(I),QOS,LO,CO,DB,LB,CB
105     WRITE(6,90) I,HO(I),T(I),Q(I),QOS,LO,CO,DB,LB,CB
106     90 FORMAT(1X,I3,9F8.2)
107     GOTO 50
108
109     100 S=315576*0.02*HO(I)**2*CO*COS(QO)*SIN(QB)*F(1)
110     QB=QB/RAD

```

```

111
112     WRITE(*, 110) I, HO(I), T(I), Q(I), QOS, LO, CO, DB, LB, CB, QB, HB, GAMA, F(I), S
113     WRITE(6, 110) I, HO(I), T(I), Q(I), QOS, LO, CO, DB, LB, CB, QB, HB, GAMA, F(I), S
114 110 FORMAT(1X, I3, 12F8. 2, F8. 3, F12. 2)
115     SS=SS+S
116     GOTO 50
117
118 120 IF(SS. GE. 0) GOTO. 165
119     WRITE(6, 150) SS
120     WRITE(*, 150) SS
121 150 FORMAT(/1X'TOTAL  S = 'F12. 2
122     +      /1X'ARAH KE KANAN ( ----> )'/)
123     GOTO 170
124 165 WRITE(6, 160) SS
125     WRITE(*, 160) SS
126 160 FORMAT(/1X'TOTAL  S = 'F12. 2
127     +      /1X'ARAH KE KIRI  ( <---- )'/)
128
129 170 CLOSE(6, STATUS='KEEP')
130     END

```

## LAMPIRAN C.3

### HASIL PERHITUNGAN SEDIMENT TRANSPORT

PERKUTUNGAN SEDIMEN TRANSPORT  
METODE CERC FORMULA

GARIS PANTAI : KALIBUNTU  
ARAH GELOMBANG : BARAT LAUT  
SUJUT GARIS PANTAI (α) : 97.00  
BREAKING INDEX (τ) : .60

No	H <sub>0</sub> (m)	T (s)	θ (°)	Q <sub>0</sub> (°)	L <sub>0</sub> (m)	C <sub>0</sub> (m/s)	d <sub>b</sub> (m)	L <sub>b</sub> (m)	C <sub>b</sub> (m/s)	Q <sub>b</sub> (°)	H <sub>b</sub> (m)	gamma	f (%)	Sx (m3/th)
1	.10	2.31	315.00	-52.00	8.32	3.60	.16	2.86	1.24	-15.71	.10	.60	2.183	-83
2	.30	3.33	315.00	-52.00	17.30	5.19	.46	6.90	2.07	-18.29	.28	.60	1.419	-808
3	.50	3.94	315.00	-52.00	24.22	6.15	.75	10.34	2.63	-19.64	.45	.60	.921	-1846
4	.70	4.41	315.00	-52.00	30.34	6.88	1.04	13.54	3.07	-20.57	.62	.60	.598	-2748
5	.90	4.86	315.00	-52.00	35.94	7.49	1.32	16.58	3.45	-21.29	.79	.60	.388	-3314
6	1.10	5.13	315.00	-52.00	41.05	8.00	1.59	19.45	3.79	-21.90	.96	.60	.252	-3530
7	1.30	5.42	315.00	-52.00	45.83	8.46	1.87	22.21	4.10	-22.43	1.12	.60	.163	-3447
8	1.50	5.69	315.00	-52.00	50.51	8.86	2.15	24.93	4.39	-22.86	1.29	.60	.106	-3191
9	1.70	5.93	315.00	-52.00	54.86	9.25	2.42	27.54	4.64	-23.27	1.45	.60	.069	-2827
10	1.90	6.15	315.00	-52.00	59.00	9.59	2.69	30.07	4.89	-23.65	1.62	.60	.045	-2426

TOTAL S = -24220  
ARAH KE KANAN ( ---- )

PERHITUNGAN SEDIMENT TRANSPORT  
METODE CERC FORMULA

GARIS PANTAI : KALIBUNTO  
ARAH GELOMBANG : UTARA - BARAT LAUT  
SUDUT GARIS PANTAI (α) : 97.00  
BREAKING INDEX (τ) : .60

No	H <sub>0</sub> (m)	T (s)	θ (°)	Q <sub>0</sub> (°)	L <sub>0</sub> (m)	C <sub>0</sub> (m/s)	d <sub>b</sub> (m)	L <sub>b</sub> (m)	C <sub>b</sub> (m/s)	Q <sub>b</sub> (°)	H <sub>b</sub> (m)	gama	f (%)	S <sub>x</sub> (m <sup>3</sup> /th)
1	.10	2.30	337.50	-29.50	8.25	3.59	.13	3.04	1.32	-10.45	.11	.60	.347	-12
2	.30	3.02	337.50	-29.50	17.13	5.18	.53	7.31	2.20	-12.06	.32	.60	.227	-122
3	.50	3.93	337.50	-29.50	24.09	6.13	.86	10.96	2.79	-12.94	.51	.60	.149	-282
4	.70	4.43	337.50	-29.50	30.20	6.86	1.18	14.35	3.26	-13.52	.71	.60	.097	-420
5	.90	4.78	337.50	-29.50	35.64	7.48	1.50	17.50	3.66	-13.98	.90	.60	.064	-514
6	1.10	5.11	337.50	-29.50	40.73	7.97	1.81	20.53	4.02	-14.36	1.03	.60	.042	-553

TOTAL S = -1903  
ARAH KE KANAN | ----> |

PERHITUNGAN SEDIMENT TRANSPORT  
METODE CERC FORMULA

GARIS PANTAI : KALIBUNTU  
ARAH GELOMBANG : UTARA  
SUDUT GARIS PANTAI ( $\alpha$ ) : 97.00  
BREAKING INDEX ( $\gamma$ ) : .60

No	$H_0$ (m)	T (s)	$\theta$ (°)	$Q_0$ (°)	$L_0$ (m)	$C_0$ (m/s)	$db$ (m)	$L_b$ (m)	$C_b$ (m/s)	$Q_b$ (°)	$H_b$ (m)	$\gamma$	f (%)	$S_x$ (m <sup>3</sup> /th)
1	.10	2.27	.00	-7.00	8.04	3.54	.20	3.06	1.35	-2.66	.12	.60	6.726	-59
2	.30	3.27	.00	-7.00	16.88	5.10	.55	7.34	2.24	-3.07	.23	.60	3.244	-502
3	.50	3.87	.00	-7.00	23.38	6.04	.89	10.99	2.84	-3.29	.54	.60	1.564	-851
4	.70	4.33	.00	-7.00	29.25	6.75	1.23	14.36	3.32	-3.43	.74	.60	.754	-939
5	.90	4.71	.00	-7.00	34.61	7.35	1.56	17.54	3.72	-3.54	.93	.60	.364	-841
6	1.10	5.04	.00	-7.00	39.63	7.86	1.89	20.59	4.09	-3.63	1.13	.60	.175	-563
7	1.30	5.33	.00	-7.00	44.32	8.31	2.21	23.51	4.41	-3.71	1.33	.60	.085	-466
8	1.50	5.59	.00	-7.00	48.75	8.72	2.53	26.34	4.71	-3.78	1.52	.60	.046	-323
9	1.70	5.83	.00	-7.00	53.02	9.09	2.85	29.08	4.99	-3.83	1.71	.60	.020	-221

TOTAL S = -4905

ARAH KE KAHAN ( ----> )

PERHITUNGAN SEDIMENT TRANSPORT  
METODE CERC FORMULA

GARIS PANTAI : KALIBUNTU  
ARAH GELOMBANG : UTARA - TIMUR LAUT  
SUDUT GARIS PANTAI ( $\alpha$ ) : 97.00  
BREAKING INDEX ( $\gamma$ ) : .60

No	$H_o$ (m)	T (s)	$\theta$ ( $^\circ$ )	$O_o$ ( $^\circ$ )	$L_o$ (m)	$C_o$ (m/s)	$d_b$ (m)	$L_b$ (m)	$C_b$ (m/s)	$O_b$ ( $^\circ$ )	$H_b$ (m)	$\gamma$	F (%)	$S_x$ (m <sup>3</sup> /th)
1	.10	2.33	22.50	15.50	8.47	5.63	.19	3.14	1.36	5.69	.12	.60	1.630	36
2	.20	3.18	22.50	15.50	17.61	5.24	.55	7.55	2.25	6.58	.33	.60	.982	317
3	.50	3.99	22.50	15.50	24.84	6.27	.89	12.36	2.65	7.02	.54	.60	.500	659
4	.79	4.46	22.50	15.50	31.03	6.96	1.23	14.63	3.32	7.33	.74	.60	.335	890
5	.90	4.85	22.50	15.50	36.70	7.57	1.56	18.10	3.73	7.58	.93	.50	.190	976
6	1.10	5.18	22.50	15.50	41.85	8.08	1.88	21.21	4.09	7.78	1.13	.60	.117	945
7	1.30	5.48	22.50	15.50	46.85	8.55	2.21	24.23	4.42	7.95	1.32	.60	.069	641
8	1.50	5.75	22.50	15.50	51.58	8.97	2.53	27.16	4.72	8.09	1.52	.60	.041	713
9	1.70	5.99	22.50	15.50	55.97	9.34	2.85	29.95	5.00	8.22	1.71	.60	.024	566

TOTAL S = 5941

ARAH KE KIRE ( ---- )



PERMITTING AN SEEDMENT TRASPOT  
METODE CERK FORHULA

NETODE CERD FORHULA

GARYS PATIAL : KALIBURU

ARAB GELONGING : : TIME R LUT

STUDENT GAINS PANTS: \$41 : 97.00

09' 00' (1) FRONT SNIPPERS

No	Ha	T	B	Qa	Lo	Co	pb	Lb	Ca	Qb	Hb	gamma	f	SX
	(m)	(s)	( $\epsilon$ )	( $\epsilon$ )	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m/s)	( $\epsilon$ )	(m)			(m3/tb)
1	1.18	2.37	45.00	45.00	38.00	8.76	3.70	1.18	3.10	1.31	12.56	.60	11.443	458
2	.30	3.41	45.00	45.00	38.00	19.14	5.32	.51	7.42	2.19	14.58	.60	6.256	3156
3	.60	4.05	45.00	45.00	38.00	25.55	6.32	.62	11.17	2.75	15.59	.60	3.426	1229
4	.70	4.53	45.00	45.00	38.00	32.01	7.07	1.15	14.62	3.23	16.32	.60	1.870	9060
5	.90	4.92	45.00	45.00	38.00	37.76	7.68	1.48	17.84	3.53	16.90	.60	1.023	5206
6	1.10	5.26	45.00	45.00	38.00	43.16	8.21	1.76	20.94	3.98	17.37	.60	.555	2250
7	1.30	5.56	45.00	45.00	38.00	48.23	8.67	2.07	23.90	4.30	17.75	.60	.305	6812
8	1.50	5.84	45.00	45.00	38.00	53.20	9.11	2.37	26.85	4.60	18.09	.60	.167	5293
9	1.70	6.08	45.00	45.00	38.00	57.67	9.48	2.67	29.61	4.87	18.42	.60	.091	2925
10	1.90	6.31	45.00	45.00	38.00	62.11	9.84	2.97	32.36	5.13	18.70	.60	.050	2837

## LAMPIRAN D

### ANALISA MORPHOLOGI PANTAI

## BH 1

AGUSTUS 1991

DESEMBER 1991

Jarak (m)	Elevasi (m)	Volume (m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )	Jarak (m)	Elevasi (m)	Volume (m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )
0.0	-0.485	0.000	0.0	-0.660	0.000
1.6	-1.157	2.486	1.1	-0.773	2.455
5.8	-1.546	10.410	5.2	-1.720	9.644
7.8	-0.522	14.342	5.6	-1.723	10.028
8.8	-0.903	16.630	8.1	-0.955	14.329
13.0	-1.283	28.453	37.1	-1.318	68.192
30.0	-1.118	53.946	59.5	-1.303	106.027
45.0	-1.437	78.283	61.5	-1.486	109.318
60.0	-1.545	100.918	92.7	-1.448	158.396
75.4	-1.706	122.085	124.1	-1.528	205.873
90.4	-1.791	140.358	143.1	-1.603	228.825
105.4	-1.940	157.830			
120.2	-1.946	173.430			
135.2	-2.052	188.445			
137.8	-2.165	198.584			
150.2	-2.625	198.207			
165.4	-2.655	203.679			
180.2	-2.185	212.283			
186.4	-2.116	217.530			
195.4	-2.050	225.783			
210.4	-2.090	239.808			
225.2	-2.105	253.239			

## BH 3

AGUSTUS 1991

DESEMBER 1991

Jarak (m)	Elevasi (m)	Volume (m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )	Jarak (m)	Elevasi (m)	Volume (m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )
0.0	-0.599	0.000	0.0	-0.935	0.000
10.4	-0.565	25.199	14.1	-1.198	27.222
15.4	-1.137	35.944	18.1	-1.697	33.432
22.4	-1.969	46.073	22.5	-2.236	37.980
30.2	-2.025	53.897	38.1	-2.312	43.497
45.4	-2.082	68.283	45.1	-2.378	53.322
60.4	-2.088	82.008	60.9	-2.372	63.197
75.2	-2.124	95.240	75.7	-2.389	72.232
90.2	-2.124	108.380	90.3	-2.444	80.738
105.4	-2.172	121.330	105.5	-2.462	89.531
120.4	-2.207	133.438	121.7	-2.495	97.503
135.2	-2.229	145.061			
150.4	-2.248	156.628			
165.2	-2.288	167.455			
180.2	-2.312	177.955			
195.0	-2.330	188.004			
210.2	-2.364	197.929			
225.2	-2.394	207.244			

## BH 2

AGUSTUS 1991

DESEMBER 1991

Jarak (m)	Elevasi (m)	Volume (m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )	Jarak (m)	Elevasi (m)	Volume (m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )
0.0	-0.188	0.000	0.0	-0.534	0.000
1.6	-0.720	4.139	1.3	-0.534	2.466
14.8	-1.058	32.004	16.0	-1.024	35.781
30.0	-1.209	60.375	31.0	-1.249	63.733
41.2	-1.390	79.421	42.2	-1.521	65.821
44.6	-1.758	84.269	46.3	-1.649	87.198
47.8	-1.188	89.970	49.0	-0.931	92.328
60.0	-1.168	112.059	61.0	-1.239	115.308
75.0	-1.456	137.379	77.0	-1.478	141.572
90.4	-1.697	159.301	92.0	-1.684	162.857
105.0	-1.814	177.473	106.6	-1.831	180.998
120.0	-1.922	194.451	119.0	-1.924	194.917
135.2	-2.071	209.704			
150.0	-2.116	223.120			
165.2	-2.513	233.540			
180.2	-2.581	243.335			
195.2	-2.599	246.485			
210.0	-2.359	254.195			
225.2	-2.177	265.322			

## BH 4

AGUSTUS 1991

DESEMBER 1991

Jarak (m)	Elevasi (m)	Volume (m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )	Jarak (m)	Elevasi (m)	Volume (m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )
0.0	-0.598	0.000	0.0	-0.563	0.000
8.4	-1.145	13.622	3.3	-0.705	7.758
8.6	-1.410	14.311	5.5	-1.119	12.352
11.6	-1.992	20.547	7.7	-1.332	16.256
15.2	-2.072	24.031	9.7	-1.540	19.284
30.4	-2.107	37.971	12.5	-1.996	22.593
45.2	-2.155	53.732	14.1	-2.034	24.169
60.4	-2.182	63.371	30.1	-2.081	39.249
75.2	-2.221	75.189	44.7	-2.121	52.375
90.2	-2.242	86.716	62.1	-2.150	67.411
105.2	-2.266	97.906	74.9	-2.172	78.156
120.0	-2.294	108.562	90.1	-2.192	90.590
135.2	-2.319	119.103	100.9	-2.202	99.262
150.2	-2.335	129.599			
165.2	-2.351	139.054			
180.0	-2.357	148.540			
195.2	-2.400	157.911			
210.0	-2.416	166.673			
225.2	-2.431	175.390			

BM 5

AGUSTUS 1991

DESEMBER 1991

Jarak	Elevasi	Volume	Jarak	Elevasi	Volume
(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )
0.0	-0.309	0.000	0.0	-1.023	0.300
3.8	-1.470	7.070	1.0	-1.023	1.918
9.6	-2.097	14.369	5.4	-1.548	9.461
15.4	-2.192	19.188	10.4	-2.091	15.364
30.2	-2.210	31.087	19.6	-2.143	22.505
45.6	-2.246	42.976	31.0	-2.166	33.089
60.8	-2.286	54.133	46.8	-2.190	46.013
75.8	-2.284	64.858	61.2	-2.208	57.490
90.8	-2.310	75.403	76.6	-2.229	69.525
105.2	-2.327	85.216	91.4	-2.238	80.369
120.4	-2.344	95.317	103.0	-2.256	89.604
135.2	-2.346	105.011			
150.0	-2.352	114.645			
165.2	-2.454	123.720			
180.4	-2.380	132.581			
195.2	-2.416	141.491			
210.4	-2.431	150.406			
225.4	-2.439	159.038			

BM 7

AGUSTUS 1991

DESEMBER 1991

Jarak	Elevasi	Volume	Jarak	Elevasi	Volume
(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )
0.0	-0.491	0.000	0.0	-0.644	0.000
11.6	-2.070	20.004	1.0	-0.644	2.356
15.2	-2.134	23.737	3.6	-1.108	8.303
30.2	-2.227	35.539	7.4	-1.546	14.146
45.4	-2.257	47.051	16.2	-2.142	23.879
60.2	-2.287	57.974	31.0	-2.212	36.059
75.8	-2.297	69.174	46.8	-2.240	48.288
90.6	-2.320	79.400	61.6	-2.254	59.433
105.8	-2.339	89.600	76.8	-2.281	70.567
120.2	-2.351	99.932	91.2	-2.301	80.776
135.4	-2.380	108.677	101.8	-2.313	88.122
150.2	-2.398	117.719			
165.0	-2.404	126.595			
180.2	-2.423	135.499			
195.4	-2.437	144.163			
210.2	-2.449	152.407			
225.0	-2.461	160.473			

BM 8

AGUSTUS 1991

DESEMBER 1991

Jarak	Elevasi	Volume	Jarak	Elevasi	Volume
(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )
0.0	-0.418	0.000	0.0	-0.419	0.000
2.4	-0.477	8.126	1.0	-0.419	2.576
15.2	-2.031	28.475	8.0	-0.768	19.418
15.8	-2.113	29.032	9.8	-1.297	22.959
30.4	-2.219	41.208	11.6	-1.814	25.559
45.4	-2.260	52.616	13.6	-2.242	29.447
60.5	-2.280	63.712	29.6	-2.439	38.859
75.6	-2.303	74.319	46.0	-2.448	46.929
90.2	-2.317	84.413	59.7	-2.477	54.576
105.2	-2.333	94.538	74.7	-2.437	62.263
120.4	-2.354	104.517	90.0	-2.435	73.415
135.2	-2.375	113.922	102.6	-2.437	77.519
150.4	-2.390	123.308			
165.2	-2.399	132.270			
180.2	-2.415	141.165			
195.4	-2.431	149.935			
210.2	-2.433	158.341			
225.2	-2.419	166.951			

BM 8

AGUSTUS 1991

DESEMBER 1991

Jarak	Elevasi	Volume	Jarak	Elevasi	Volume
(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )
0.0	-0.436	0.000	0.0	-0.643	0.000
3.6	-0.582	8.958	1.0	-0.643	2.346
7.8	-1.296	17.624	4.4	-1.381	9.107
15.4	-2.123	27.432	7.2	-1.834	13.048
30.6	-2.233	39.926	10.6	-2.074	16.556
45.8	-2.256	51.334	16.0	-2.349	20.912
60.8	-2.272	62.299	31.0	-2.393	30.340
76.4	-2.314	73.326	46.8	-2.417	39.154
90.8	-2.336	83.048	61.0	-2.410	48.369
105.6	-2.348	92.786	75.6	-2.426	56.586
120.6	-2.369	102.409	91.0	-2.445	65.259
135.6	-2.382	111.776	102.6	-2.454	71.645
150.4	-2.402	120.775			
165.6	-2.414	129.773			
180.2	-2.430	138.712			
195.6	-2.452	146.820			
210.2	-2.456	154.719			
225.4	-2.479	162.737			

BM 9

AGUSTUS 1991

DESEMBER 1991

Jarak (m)	Elevasi (m)	Volume (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	Jarak (m)	Elevasi (m)	Volume (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )
0.0	-0.502	0.000	0.0	-0.584	0.000
2.0	-0.585	4.903	1.0	-0.584	2.350
6.4	-1.332	13.864	7.2	-1.280	15.419
13.2	-2.061	22.727	7.8	-1.563	16.390
15.2	-2.115	24.550	11.8	-1.997	21.270
30.4	-2.167	37.600	15.8	-2.101	25.875
45.6	-2.223	49.839	30.8	-2.119	38.427
60.8	-2.250	61.441	45.4	-2.168	50.933
75.4	-2.284	72.143	61.0	-2.194	63.707
90.2	-2.323	82.451	75.0	-2.223	74.766
105.4	-2.357	92.463	90.2	-2.249	86.395
120.4	-2.374	102.000	102.1	-2.277	95.166
135.2	-2.388	111.182			
150.2	-2.395	120.289			
165.2	-2.426	129.132			
180.4	-2.444	137.720			
195.2	-2.469	145.763			
210.2	-2.492	153.556			
225.2	-2.512	161.025			

BM 11

AGUSTUS 1991

DESEMBER 1991

Jarak (m)	Elevasi (m)	Volume (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	Jarak (m)	Elevasi (m)	Volume (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )
0.0	0.005	0.000	0.0	-0.854	0.000
2.0	-0.008	0.000	2.0	-0.008	0.000
5.2	-2.116	0.000	5.2	-2.116	0.900
15.3	-2.331	7.951	15.2	-2.397	7.413
30.3	-2.370	17.593	29.7	-2.321	16.744
45.3	-2.365	27.081	44.3	-2.400	26.060
60.6	-2.410	36.391	59.6	-2.457	34.797
75.3	-2.445	44.864	75.0	-2.443	43.262
90.5	-2.451	53.254	89.8	-2.445	51.378
105.3	-2.470	61.239	101.2	-2.472	57.658
120.5	-2.477	69.241			
135.7	-2.495	77.054			
150.9	-2.507	84.639			
165.3	-2.510	91.717			
180.3	-2.530	98.917			
195.5	-2.563	105.810			
210.5	-2.569	112.295			
225.3	-2.575	118.803			

BM 10

AGUSTUS 1991

DESEMBER 1991

Jarak (m)	Elevasi (m)	Volume (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	Jarak (m)	Elevasi (m)	Volume (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )
0.0	-0.019	0.000	0.0	-0.008	0.000
2.6	0.039	7.826	1.0	-0.005	2.921
6.8	-1.273	16.452	2.5	0.032	7.742
9.0	-1.680	20.327	4.5	-1.082	12.444
13.0	-2.114	24.739	8.6	-1.599	19.247
15.0	-2.223	26.402	13.0	-2.136	24.229
30.2	-2.333	37.375	16.0	-2.225	26.686
45.2	-2.358	47.194	30.8	-2.307	37.546
60.2	-2.354	56.854	45.3	-2.286	47.744
75.4	-2.388	66.415	60.8	-2.237	59.187
90.0	-2.389	75.342	75.2	-2.244	70.119
105.2	-2.436	84.272	90.4	-2.208	81.681
120.2	-2.464	92.522	101.5	-2.220	90.606
135.4	-2.496	100.426			
150.4	-2.491	108.024			
165.4	-2.502	115.576			
180.2	-2.512	122.873			
195.4	-2.522	130.214			
210.2	-2.528	137.259			
225.4	-2.548	144.297			

BM 12

AGUSTUS 1991

DESEMBER 1991

Jarak (m)	Elevasi (m)	Volume (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	Jarak (m)	Elevasi (m)	Volume (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )
0.0	-0.708	0.000	0.0	-0.702	0.000
1.6	-1.569	2.980	2.2	-0.753	5.007
6.4	-2.073	8.633	3.0	-1.699	6.430
15.2	-2.213	16.191	7.4	-2.124	11.243
30.2	-2.276	27.513	13.0	-2.192	15.957
45.6	-2.311	38.393	34.0	-2.190	32.945
60.4	-2.329	48.457	44.0	-2.272	40.635
75.2	-2.361	59.151	59.0	-2.427	50.396
90.4	-2.405	67.530	75.0	-2.470	59.222
105.2	-2.405	76.336	89.6	-2.368	67.719
120.2	-2.433	85.051	101.0	-2.371	74.916
135.4	-2.429	93.700			
150.2	-2.467	101.869			
165.2	-2.455	109.954			
180.4	-2.489	117.960			
195.4	-2.497	125.565			
210.2	-2.516	132.899			
225.2	-2.533	140.021			

BM 13

AGUSTUS 1991

DESEMBER 1991

Jarak (m)	Elevasi (m)	Volume (m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )	Jarak (m)	Elevasi (m)	Volume (m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )
0.0	-1.082	0.000	0.0	-0.751	0.000
8.4	-2.016	12.188	0.9	-0.751	2.047
15.0	-2.096	18.419	3.3	-1.061	7.971
30.2	-2.151	31.742	6.9	-1.577	13.121
45.2	-2.258	43.674	10.9	-2.049	17.869
60.6	-2.285	54.893	15.7	-2.131	22.310
75.3	-2.307	65.594	30.9	-2.134	35.728
90.6	-2.322	75.739	46.1	-2.220	48.242
105.8	-2.332	85.989	60.9	-2.236	59.669
120.4	-2.380	95.371	75.7	-2.492	69.879
135.4	-2.393	104.574	90.5	-2.428	77.068
150.8	-2.410	113.791	100.9	-2.254	83.921
165.6	-2.433	122.352			
180.6	-2.441	130.797			
195.4	-2.464	138.900			
210.2	-2.482	146.709			
225.4	-2.498	154.452			

BM 15

AGUSTUS 1991

DESEMBER 1991

Jarak (m)	Elevasi (m)	Volume (m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )	Jarak (m)	Elevasi (m)	Volume (m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )
0.0	-0.601	0.000	0.0	-0.657	0.000
3.6	-0.936	8.476	1.0	-0.557	2.434
13.0	-2.087	22.161	4.0	-1.010	9.082
15.2	-2.137	24.114	7.4	-1.581	14.675
30.4	-2.240	36.443	12.0	-2.016	20.400
45.4	-2.292	47.459	15.8	-2.054	24.069
60.2	-2.329	57.684	30.6	-2.272	36.433
75.2	-2.353	67.474	44.9	-2.294	46.750
90.2	-2.384	76.871	60.0	-2.297	57.336
105.0	-2.403	85.848	73.0	-2.296	66.465
120.2	-2.419	94.800	90.0	-2.361	77.857
135.2	-2.430	103.423	100.1	-2.343	84.465
150.2	-2.474	111.653			
165.0	-2.489	119.327			
180.2	-2.496	127.043			
195.2	-2.512	134.681			
210.2	-2.532	141.653			
225.2	-2.542	148.596			

BM 14

AGUSTUS 1991

DESEMBER 1991

Jarak (m)	Elevasi (m)	Volume (m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )	Jarak (m)	Elevasi (m)	Volume (m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )
0.0	-1.413	0.000	0.0	-1.516	0.000
5.2	-2.050	6.596	1.0	-1.618	1.381
15.0	-2.151	15.411	3.4	-1.884	4.378
30.0	-2.174	27.974	5.6	-2.080	6.616
45.0	-2.251	39.786	7.8	-2.120	8.416
60.2	-2.295	50.837	22.4	-2.076	21.767
75.0	-2.311	61.152	30.0	-2.149	28.512
90.2	-2.342	71.399	44.0	-2.211	39.990
105.4	-2.353	81.308	59.0	-2.232	51.665
120.0	-2.385	90.528	73.0	-2.279	62.095
135.2	-2.412	99.583	88.0	-2.293	72.790
150.2	-2.439	108.280	98.4	-2.262	80.280
165.2	-2.452	116.596			
180.2	-2.476	124.745			
195.4	-2.495	132.463			
210.4	-2.512	139.910			
225.2	-2.523	147.051			

BM 16

AGUSTUS 1991

DESEMBER 1991

Jarak (m)	Elevasi (m)	Volume (m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )	Jarak (m)	Elevasi (m)	Volume (m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )
0.0	-0.561	0.000	0.0	-0.978	0.000
4.2	-0.567	10.231	6.5	-0.978	13.223
14.0	-1.808	28.004	8.9	-1.428	17.534
15.0	-1.641	29.180	11.9	-1.733	21.792
30.2	-2.148	44.464	14.5	-1.993	24.748
45.4	-2.189	57.102	21.5	-2.131	31.313
60.4	-2.256	68.765	35.9	-2.186	43.430
75.2	-2.296	79.480	50.5	-2.249	54.954
90.4	-2.330	89.923	65.5	-2.301	65.726
105.2	-2.366	99.572	80.1	-2.347	75.506
120.2	-2.376	109.007	95.3	-2.382	85.137
135.4	-2.402	118.294	107.1	-2.411	92.379
150.2	-2.429	126.945			
165.2	-2.442	135.412			
180.0	-2.464	143.508			
195.2	-2.482	151.518			
210.4	-2.496	159.286			
225.4	-2.524	166.638			

BM 17

AGUSTUS 1991

DESEMBER 1991

Jarak	Elevasi	Volume	Jarak	Elevasi	Volume
(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )
0.0	-1.244	0.000	0.0	-1.341	0.000
7.6	-2.066	10.222	0.8	-1.341	1.407
16.2	-2.174	16.910	3.8	-1.754	5.764
30.2	-2.215	28.993	10.8	-2.166	13.044
45.2	-2.262	40.415	15.8	-2.236	17.039
60.4	-2.302	51.329	31.2	-2.236	28.805
75.2	-2.322	61.511	46.0	-2.270	39.861
90.4	-2.351	71.596	60.8	-2.337	50.169
105.2	-2.389	80.920	75.2	-2.356	59.579
120.0	-2.388	89.970	89.8	-2.401	68.653
135.4	-2.417	99.172	98.8	-2.406	74.022
150.2	-2.443	107.608			
165.0	-2.464	115.696			
180.2	-2.493	123.623			
195.2	-2.500	131.175			
210.0	-2.514	138.472			
225.2	-2.540	145.661			

BM 19

AGUSTUS 1991

DESEMBER 1991

Jarak	Elevasi	Volume	Jarak	Elevasi	Volume
(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )
0.0	-0.496	0.000	0.0	-0.528	0.000
3.8	-0.469	9.567	1.0	-0.528	2.469
8.2	-1.102	19.310	4.4	-0.577	10.789
15.0	-1.516	30.889	10.2	-1.402	22.449
30.2	-1.998	49.703	17.0	-1.534	32.866
45.2	-2.084	64.088	23.4	-1.840	41.268
60.2	-2.143	77.386	29.6	-2.014	47.920
75.8	-2.246	89.307	44.0	-2.066	61.745
90.2	-2.310	100.281	58.8	-2.117	75.193
105.2	-2.350	110.331	88.0	-2.251	99.027
120.2	-2.398	119.721	102.8	-2.304	109.723
135.4	-2.424	128.674	113.0	-2.305	116.819
150.2	-2.472	136.843			
165.2	-2.484	144.673			
180.2	-2.498	152.388			
195.0	-2.508	159.664			
210.2	-2.527	166.998			
225.2	-2.546	173.951			

BM 18

AGUSTUS 1991

DESEMBER 1991

Jarak	Elevasi	Volume	Jarak	Elevasi	Volume
(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )
0.0	-0.749	0.000	0.0	-0.893	0.000
3.0	-1.085	6.249	1.0	-0.893	2.035
8.6	-1.423	16.027	3.6	-1.169	7.154
16.2	-1.565	25.966	6.8	-1.431	10.893
30.2	-1.796	45.759	12.5	-1.552	21.001
45.4	-2.008	62.448	14.8	-1.582	24.297
60.4	-2.119	76.496	30.2	-1.797	44.476
75.4	-2.256	88.683	45.0	-1.889	61.596
90.4	-2.309	99.446	59.0	-2.000	76.367
105.2	-2.385	109.110	73.8	-2.094	90.469
120.2	-2.407	116.170	88.8	-2.185	103.383
135.4	-2.427	127.032	99.0	-2.245	111.388
150.2	-2.446	135.372			
165.4	-2.464	143.656			
180.2	-2.486	151.433			
195.0	-2.511	158.863			
210.2	-2.537	166.098			
225.4	-2.543	173.090			

BM 20

AGUSTUS 1991

DESEMBER 1991

Jarak	Elevasi	Volume	Jarak	Elevasi	Volume
(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )
0.0	-1.409	0.000	0.0	-1.587	0.000
5.0	-1.865	6.815	1.0	-1.567	1.406
15.2	-2.014	17.632	4.8	-1.876	6.007
30.2	-2.044	32.197	8.8	-1.915	10.646
45.4	-2.088	46.394	12.4	-1.946	15.564
60.4	-2.165	59.496	15.4	-1.971	17.646
75.4	-2.221	71.601	30.2	-1.985	32.770
90.2	-2.269	82.775	45.0	-2.050	47.387
105.2	-2.303	93.448	60.0	-2.093	61.232
120.4	-2.345	103.685	74.4	-2.160	73.811
135.4	-2.389	113.160	89.0	-2.211	85.703
150.2	-2.412	122.053	100.0	-2.222	94.321
165.2	-2.436	130.693			
180.4	-2.464	139.053			
195.2	-2.497	146.741			
210.2	-2.523	154.091			
225.4	-2.555	161.399			

BM 21

AGUSTUS 1991

DESEMBER 1991

Jarak	Elevasi	Volume	Jarak	Elevasi	Volume
(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )
0.0	-1.308	0.000	0.0	-1.483	0.000
5.6	-1.346	7.689	1.0	-1.483	1.483
16.2	-2.043	17.355	3.0	-1.722	4.276
30.2	-2.077	31.479	5.0	-1.964	6.591
45.2	-2.134	44.896	9.6	-2.023	11.221
60.2	-2.165	57.654	13.6	-2.074	15.026
75.0	-2.206	69.708	16.0	-2.059	17.266
90.2	-2.256	81.397	30.4	-2.081	30.658
105.4	-2.305	92.333	45.0	-2.136	43.673
120.2	-2.324	102.479	59.2	-2.155	55.802
135.4	-2.353	112.534	73.4	-2.193	67.528
150.4	-2.382	122.021	90.4	-2.199	81.269
165.2	-2.381	131.175	96.0	-2.284	85.541
180.2	-2.402	140.302			
195.4	-2.439	149.111			
210.2	-2.469	157.192			
225.2	-2.485	165.037			

BM 23

AGUSTUS 1991

DESEMBER 1991

Jarak	Elevasi	Volume	Jarak	Elevasi	Volume
(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )
0.0	-0.530	0.000	0.0	-0.660	0.000
2.2	-0.561	5.379	1.0	-0.660	2.230
8.8	-1.509	18.281	3.9	-0.868	8.715
15.2	-1.690	27.244	8.1	-1.497	16.348
30.4	-2.040	44.496	12.2	-1.646	22.206
45.0	-2.058	58.381	16.0	-1.843	26.976
60.2	-2.081	72.524	31.3	-2.033	42.906
75.2	-2.109	86.099	48.6	-2.033	59.925
90.4	-2.135	99.445	61.6	-2.072	72.243
105.2	-2.152	112.121	76.0	-2.097	85.425
120.2	-2.190	124.556	91.2	-2.106	99.083
135.2	-2.216	136.511	101.0	-2.112	107.815
150.0	-2.254	147.833			
165.2	-2.262	158.963			
180.4	-2.277	169.911			
195.2	-2.318	180.308			
210.2	-2.345	190.328			
225.4	-2.358	200.178			

BM 22

AGUSTUS 1991

DESEMBER 1991

Jarak	Elevasi	Volume	Jarak	Elevasi	Volume
(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )
0.0	-0.513	0.000	0.0	-0.664	0.300
5.5	-1.792	17.551	1.0	-0.664	2.331
15.2	-2.000	23.844	5.0	-0.993	11.022
30.4	-2.076	38.466	8.0	-1.341	16.524
45.4	-2.107	52.094	11.0	-1.716	20.937
60.2	-2.150	64.992	16.0	-1.762	27.241
75.2	-2.168	77.607	19.0	-1.780	30.928
90.0	-2.194	89.729	30.6	-1.831	44.782
105.4	-2.214	101.997	46.0	-1.852	62.520
120.2	-2.252	113.338	60.0	-1.899	78.364
135.2	-2.296	124.228	76.0	-1.903	95.361
150.4	-2.315	134.795	91.0	-1.931	112.213
165.2	-2.348	144.679	101.0	-1.941	122.862
180.2	-2.354	154.414			
195.2	-2.394	163.804			
210.0	-2.400	172.728			
225.2	-2.454	181.438			

BM 24

AGUSTUS 1991

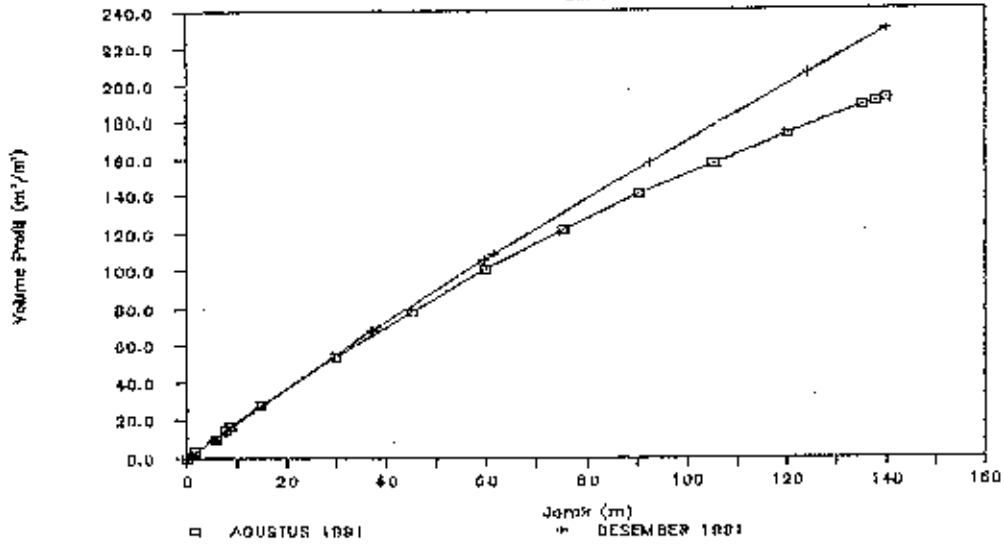
DESEMBER 1991

Jarak	Elevasi	Volume	Jarak	Elevasi	Volume
(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> )
0.0	-1.607	0.000	0.0	-1.673	0.000
13.2	-2.003	16.774	1.0	-1.673	1.316
15.0	-2.216	17.377	5.0	-1.632	6.704
18.0	-2.149	19.829	8.0	-1.752	10.612
24.4	-2.011	25.717	16.0	-2.110	19.126
30.0	-2.365	31.106	30.8	-1.956	33.414
35.4	-2.221	35.727	46.0	-1.931	49.457
39.0	-2.162	38.834	59.8	-1.948	64.090
45.0	-2.034	44.046	76.0	-1.959	81.045
50.0	-2.048	50.431	91.0	-1.997	96.376
75.2	-2.087	72.606	101.0	-1.967	106.450
90.2	-2.110	86.120			
105.2	-2.115	99.440			
120.4	-2.131	112.770			
135.2	-2.166	125.380			
150.4	-2.187	137.905			
165.4	-2.209	149.935			
180.4	-2.216	161.755			
195.0	-2.229	173.114			
210.2	-2.254	184.643			
225.4	-2.269	195.868			



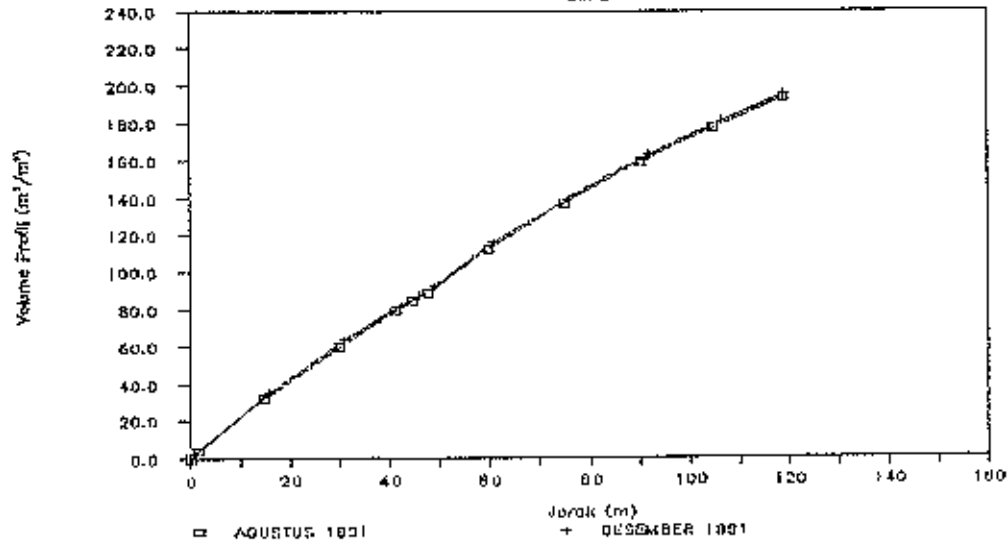
# VOLUME PROFIL KUMULATIF

BM 1



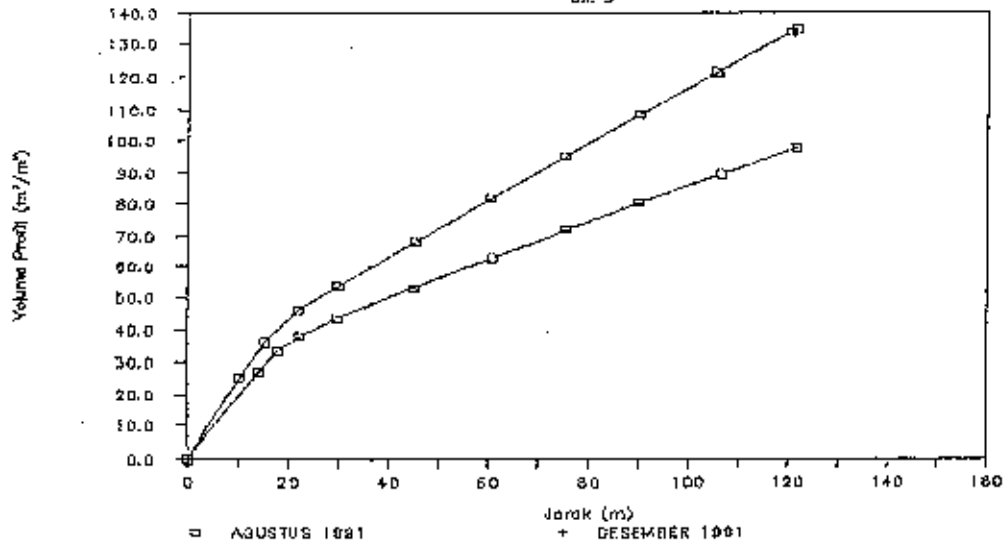
# VOLUME PROFIL KUMULATIF

BM 2



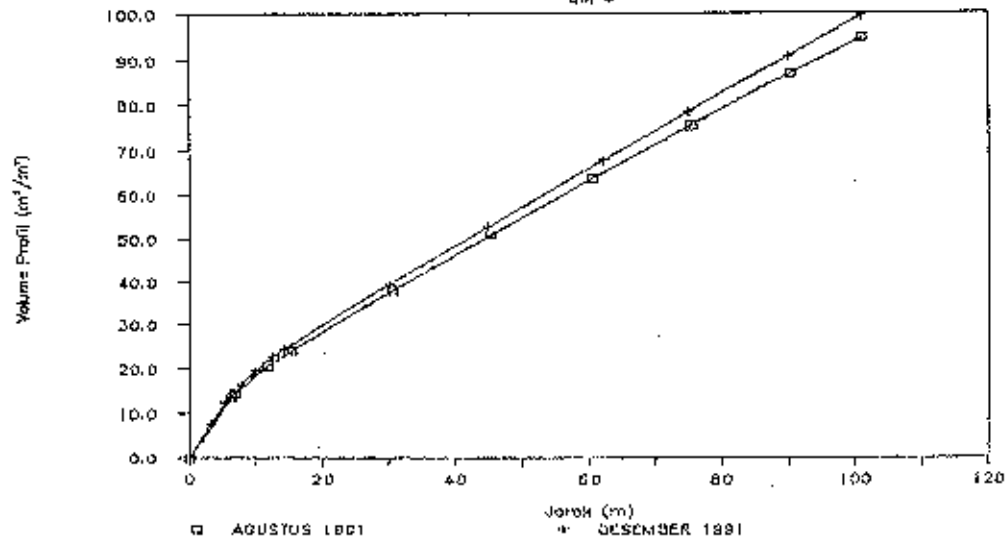
# VOLUME PROFIL KUMULATIF

BM 3



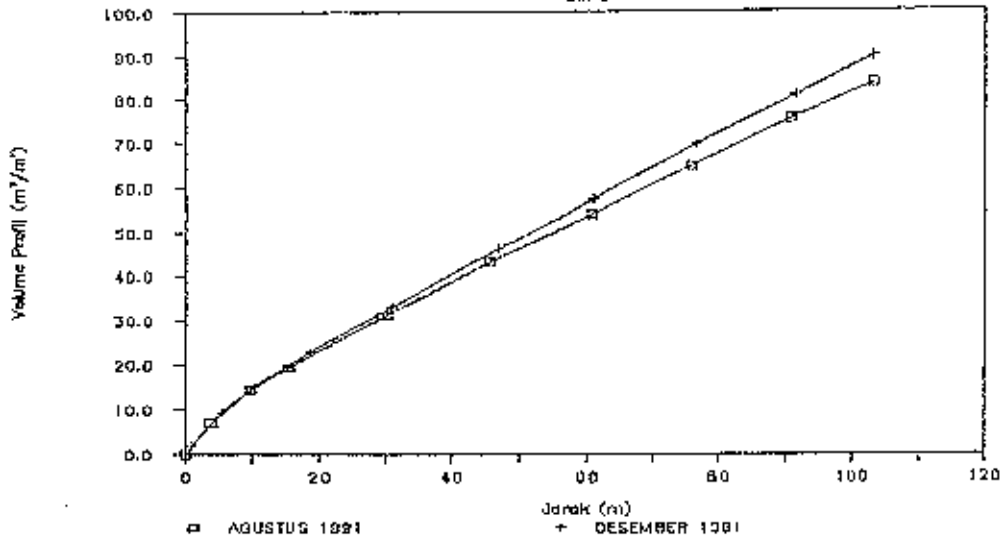
# VOLUME PROFIL KUMULATIF

BM 4



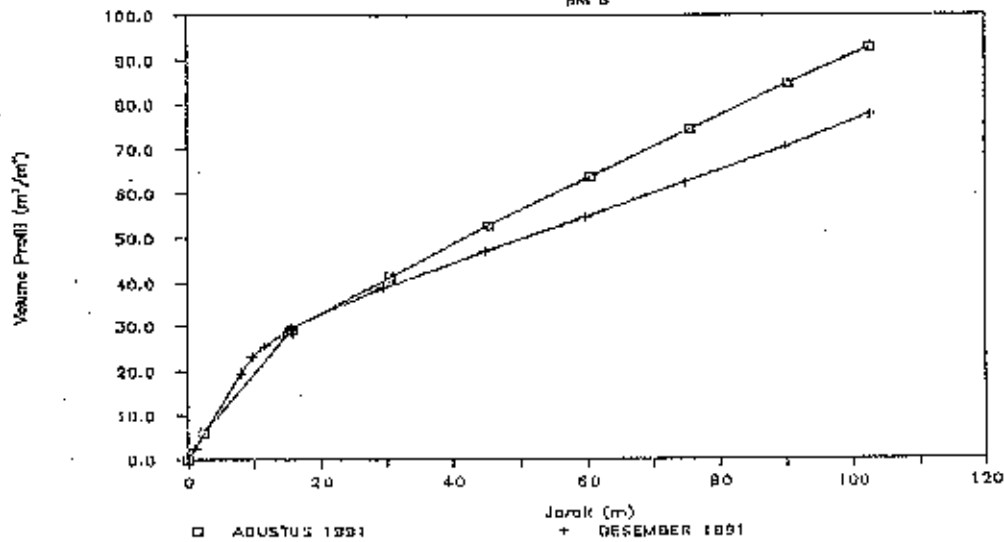
# VOLUME PROFIL KUMULATIF

BM 5



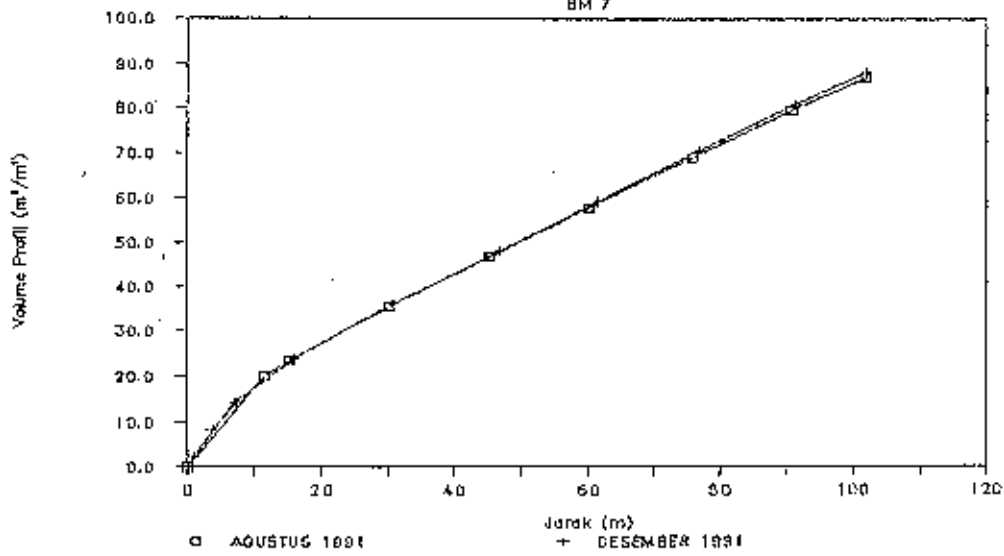
# VOLUME PROFIL KUMULATIF

BM 6



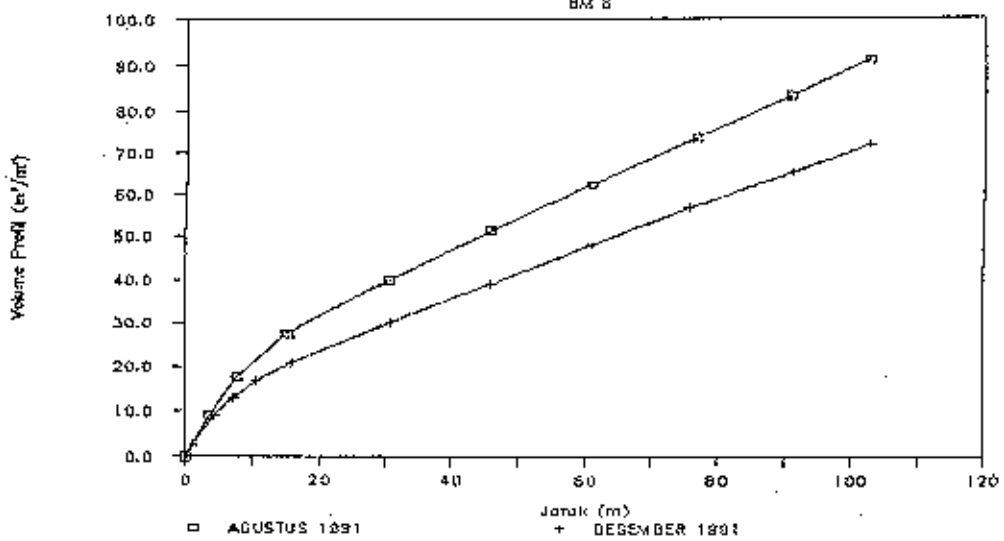
# VOLUME PROFIL KUMULATIF

BM 7



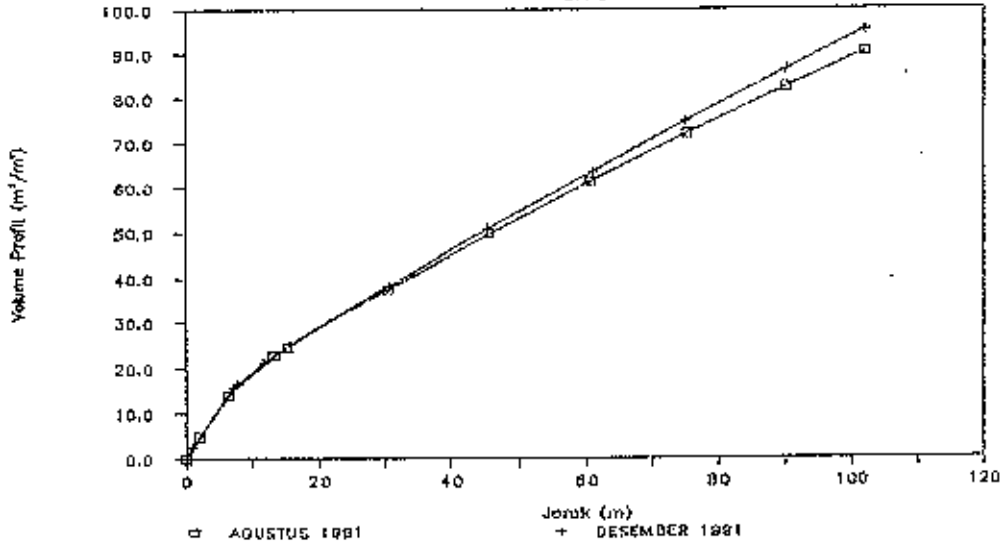
# VOLUME PROFIL KUMULATIF

BM 8



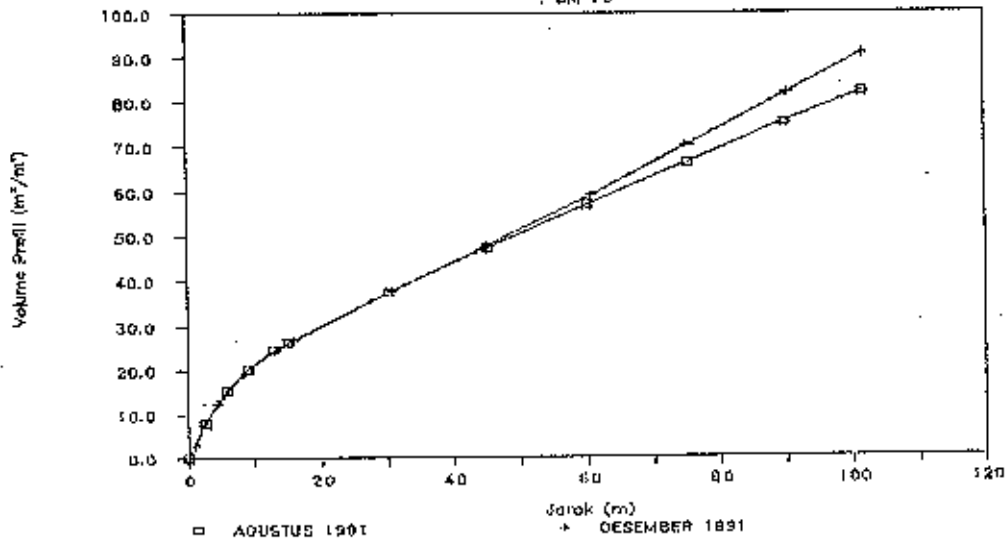
# VOLUME PROFIL KUMULATIF

BM 0



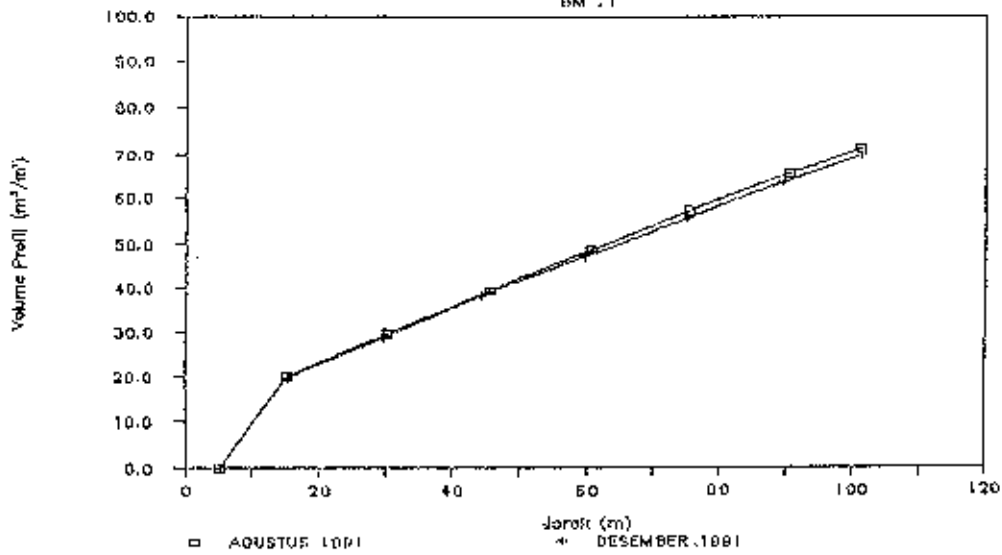
# VOLUME PROFIL KUMULATIF

BM 10



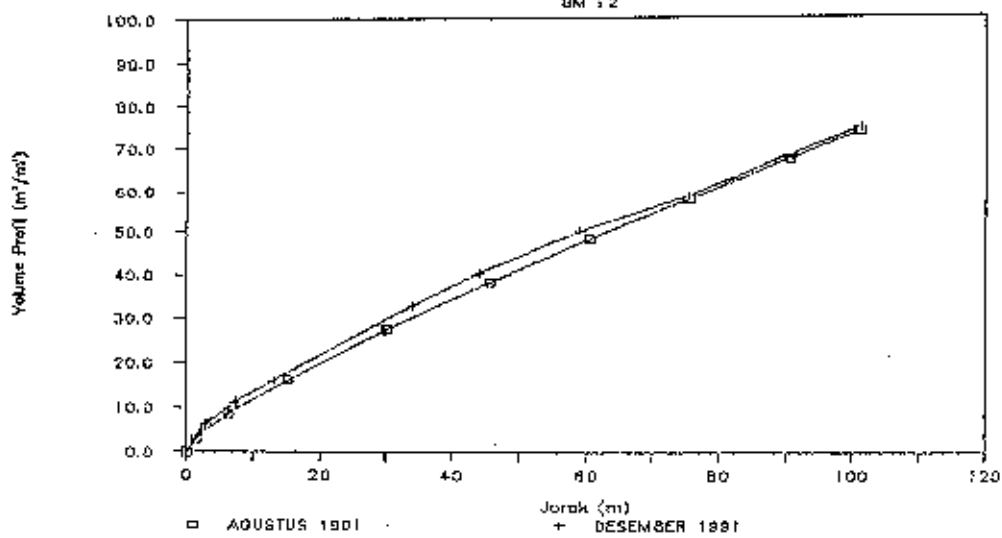
# VOLUME PROFIL KUMULATIF

BN : 1



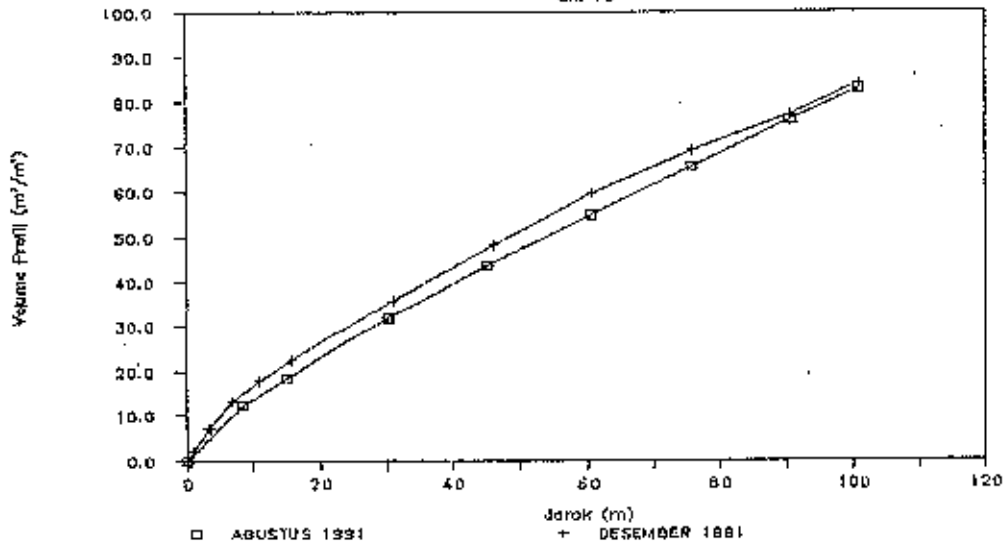
# VOLUME PROFIL KUMULATIF

BN : 2



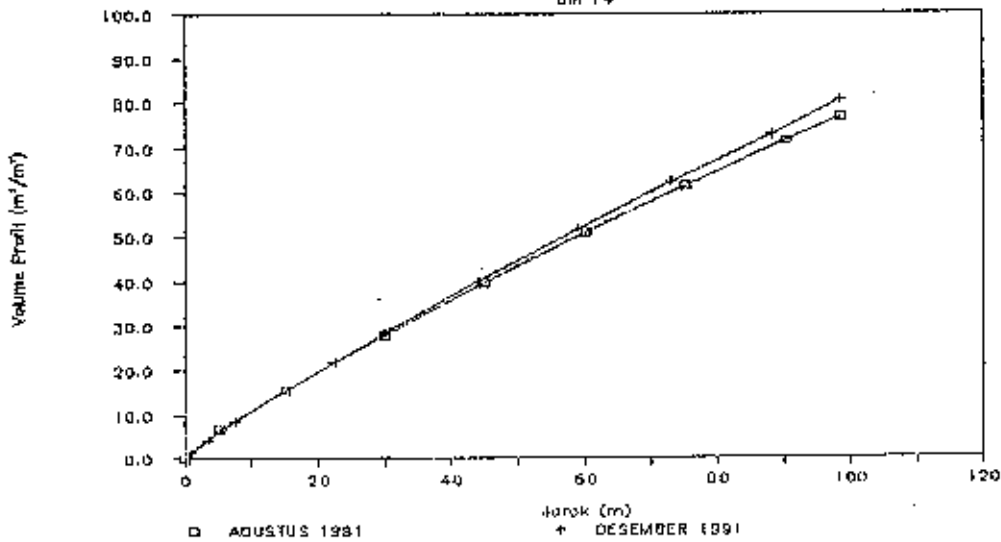
# VOLUME PROFIL KUMULATIF

BM 13



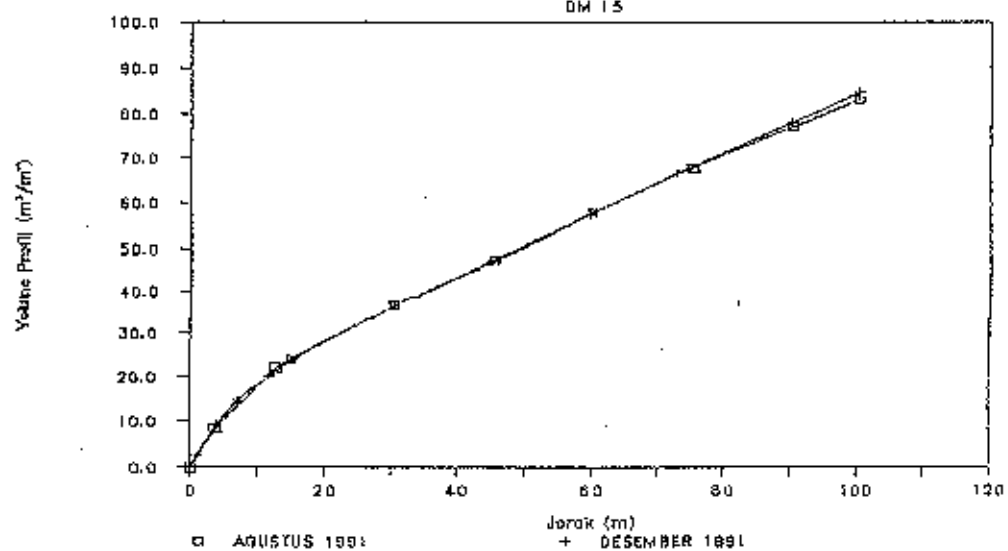
# VOLUME PROFIL KUMULATIF

BM 14



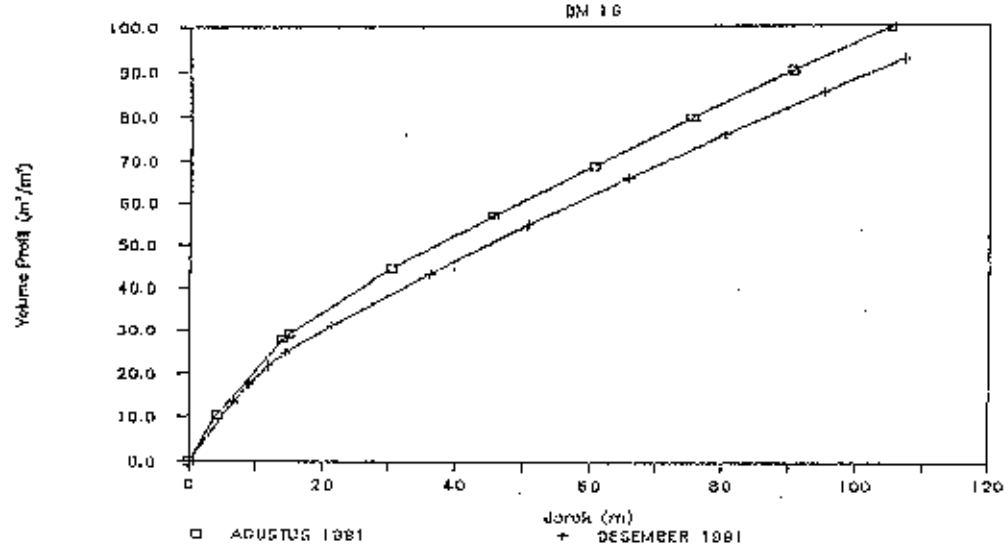
# VOLUME PROFIL KUMULATIF

DM 15



# VOLUME PROFIL KUMULATIF

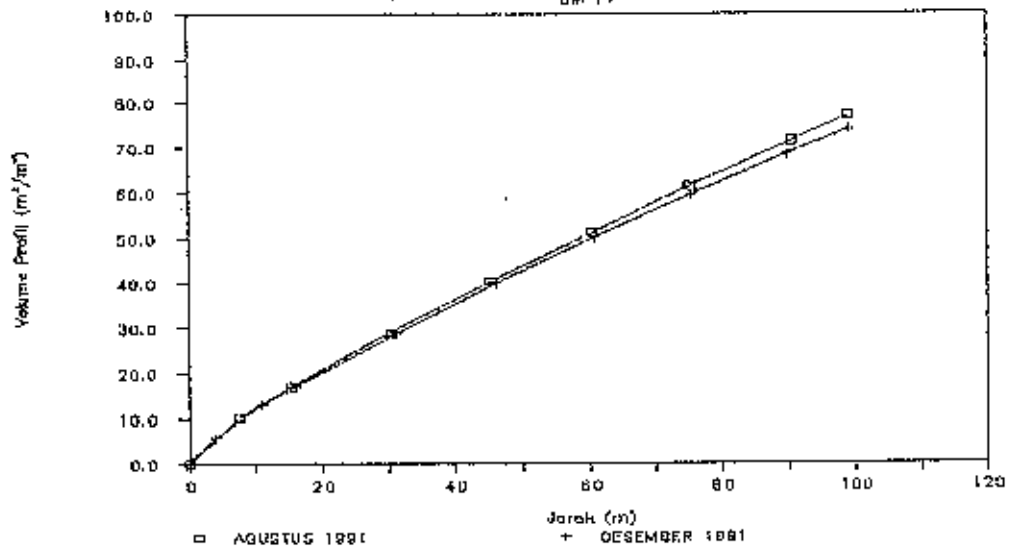
DM 16





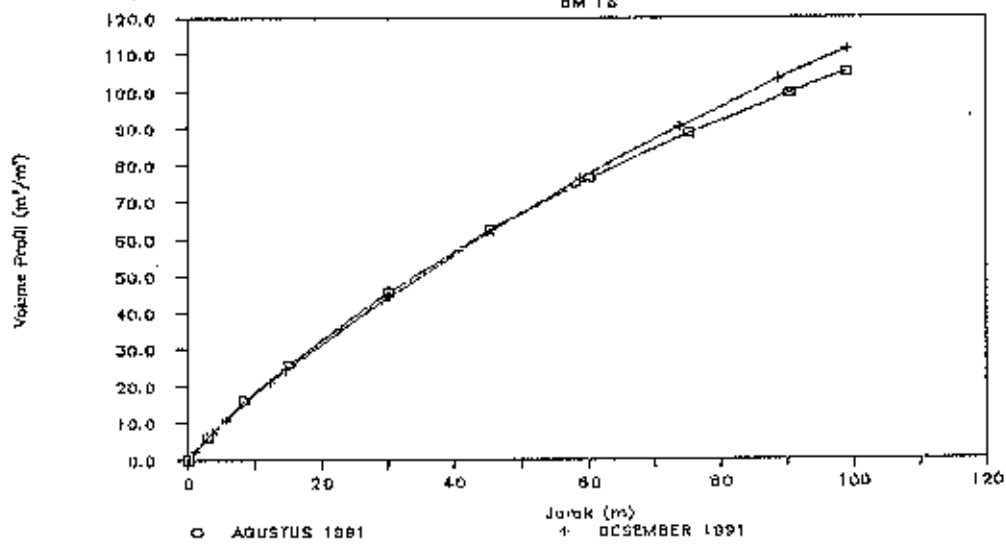
# VOLUME PROFIL KUMULATIF

BM 17



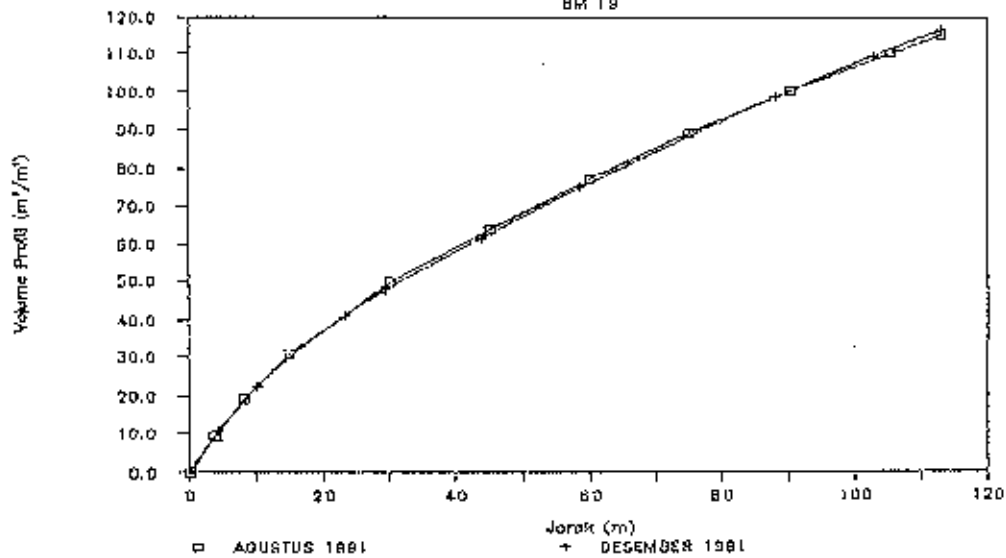
# VOLUME PROFIL KUMULATIF

BM 18



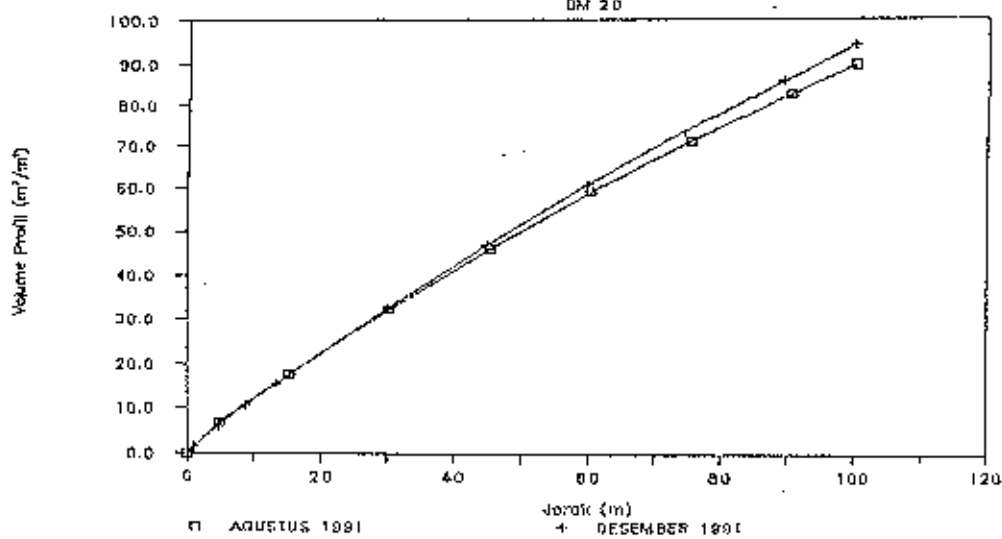
# VOLUME PROFIL KUMULATIF

BM 19



# VOLUME PROFIL KUMULATIF

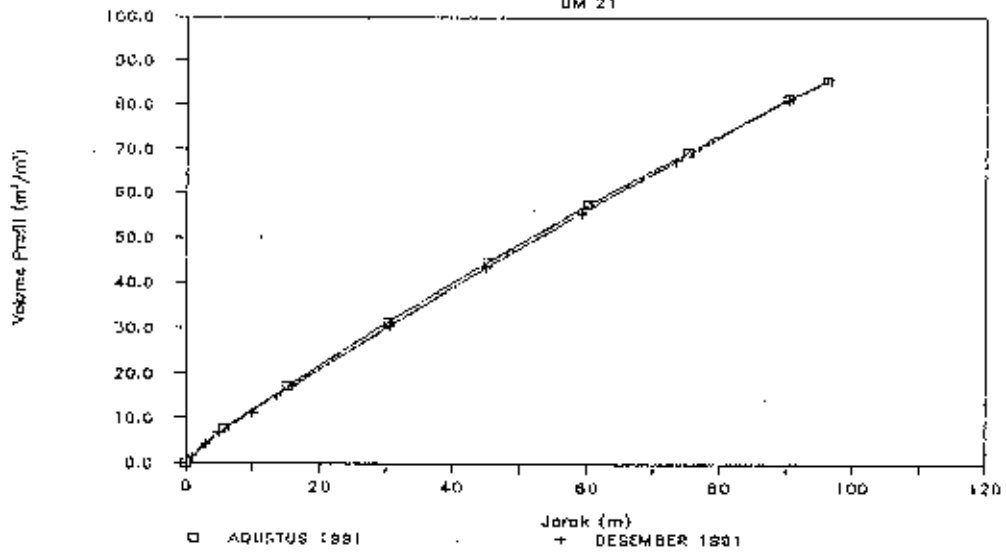
BM 20



REKAM PERSURUTAN  
JALAN  
REKAM PERSURUTAN

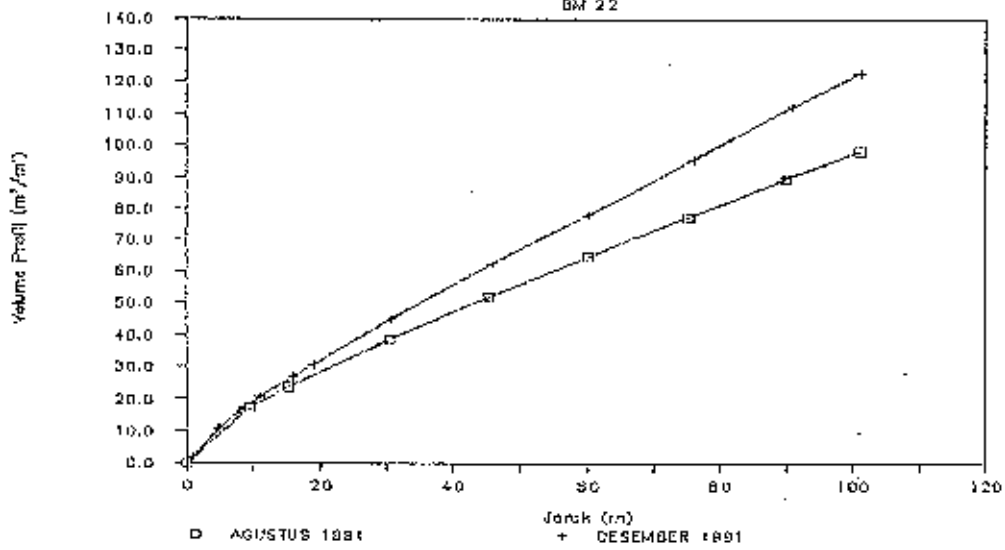
# VOLUME PROFIL KUMULATIF

BM 21



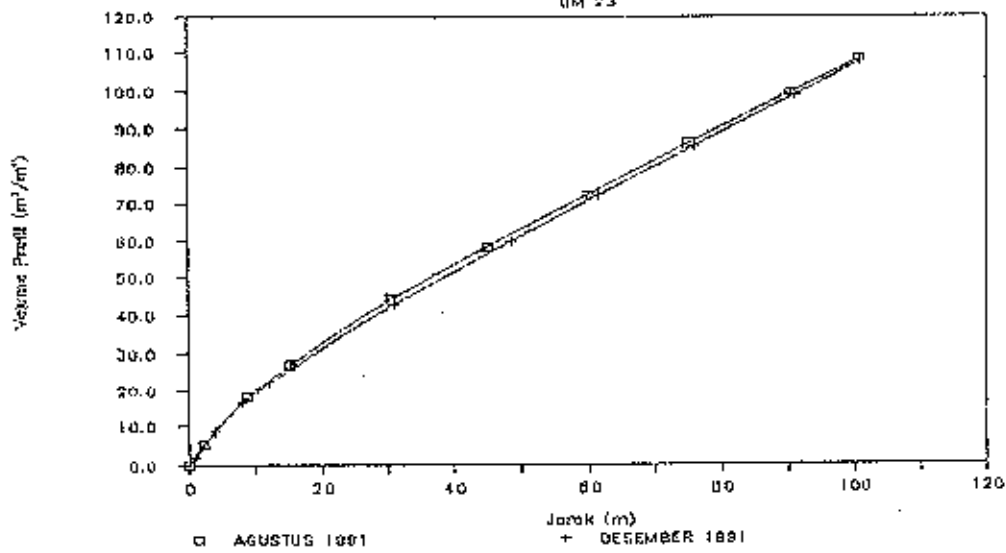
# VOLUME PROFIL KUMULATIF

BM 22



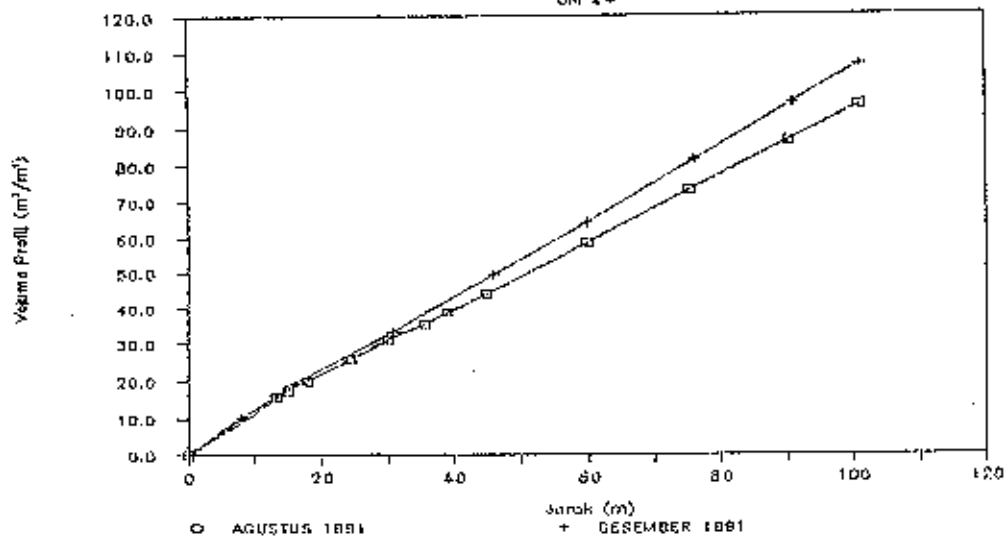
# VOLUME PROFIL KUMULATIF

BM 23



# VOLUME PROFIL KUMULATIF

BM 24



LAMPIRAN E

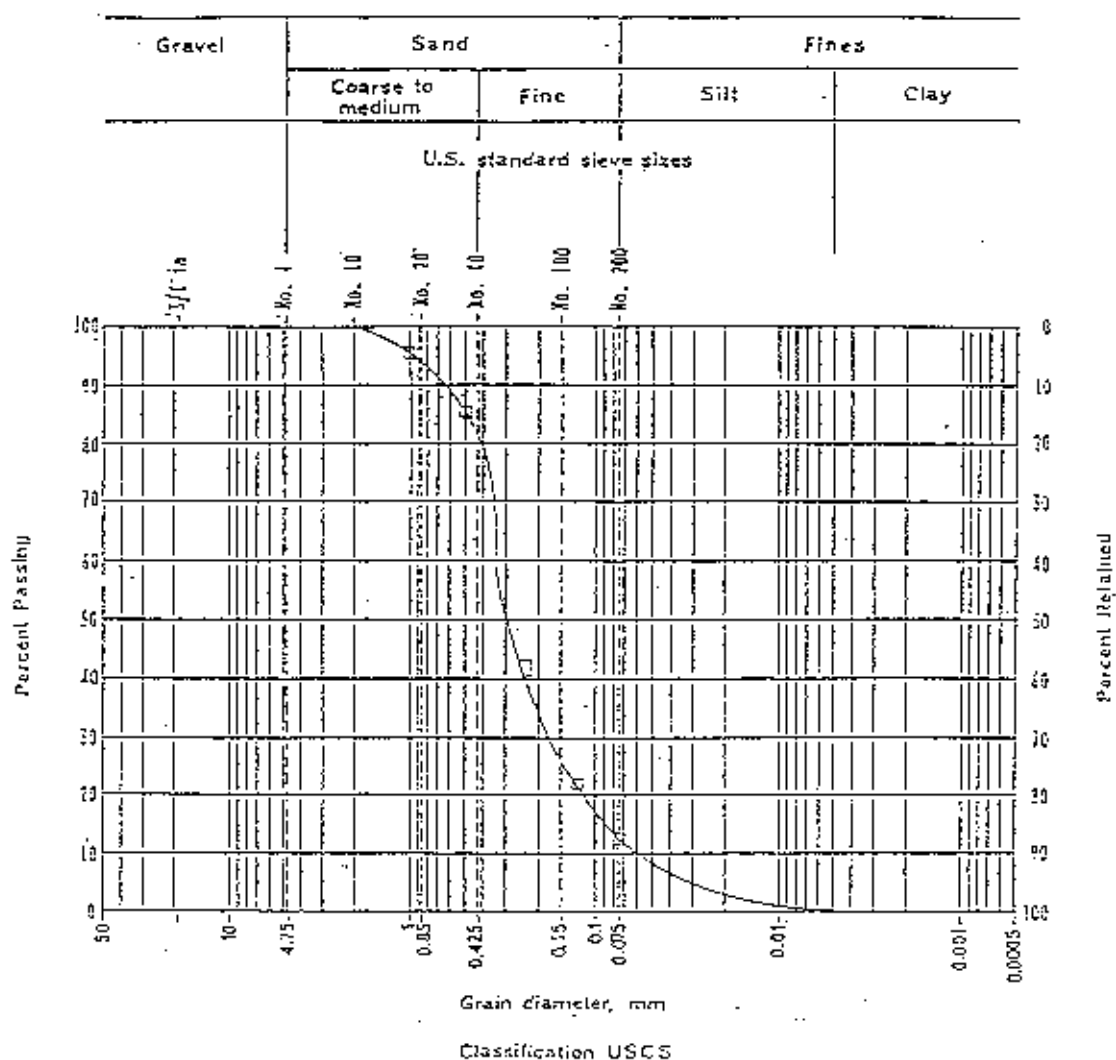
GRADASI MATERIAL

### Grain Size Distribution

Project : KRAXAN

Location : B1 Sample No. :         

Tested By : Tasiro Date of Testing : 18 August 1991

 $\square_{50} : 0,30 \text{ mm}$ 

050 : 0,65 m.m.

Gs : 2,85

### Description of Soil

- Gravel : — 2/12

- Sand : 86.03 %

- Sil - Clay : 13,97 %



# LABORATORIUM HIDROTEKNIK

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
Kampus ITS, Keputih-Sukofilo, Telp. 596094, Surabaya

## Grain Size Distribution

Project : KRAKSAAN

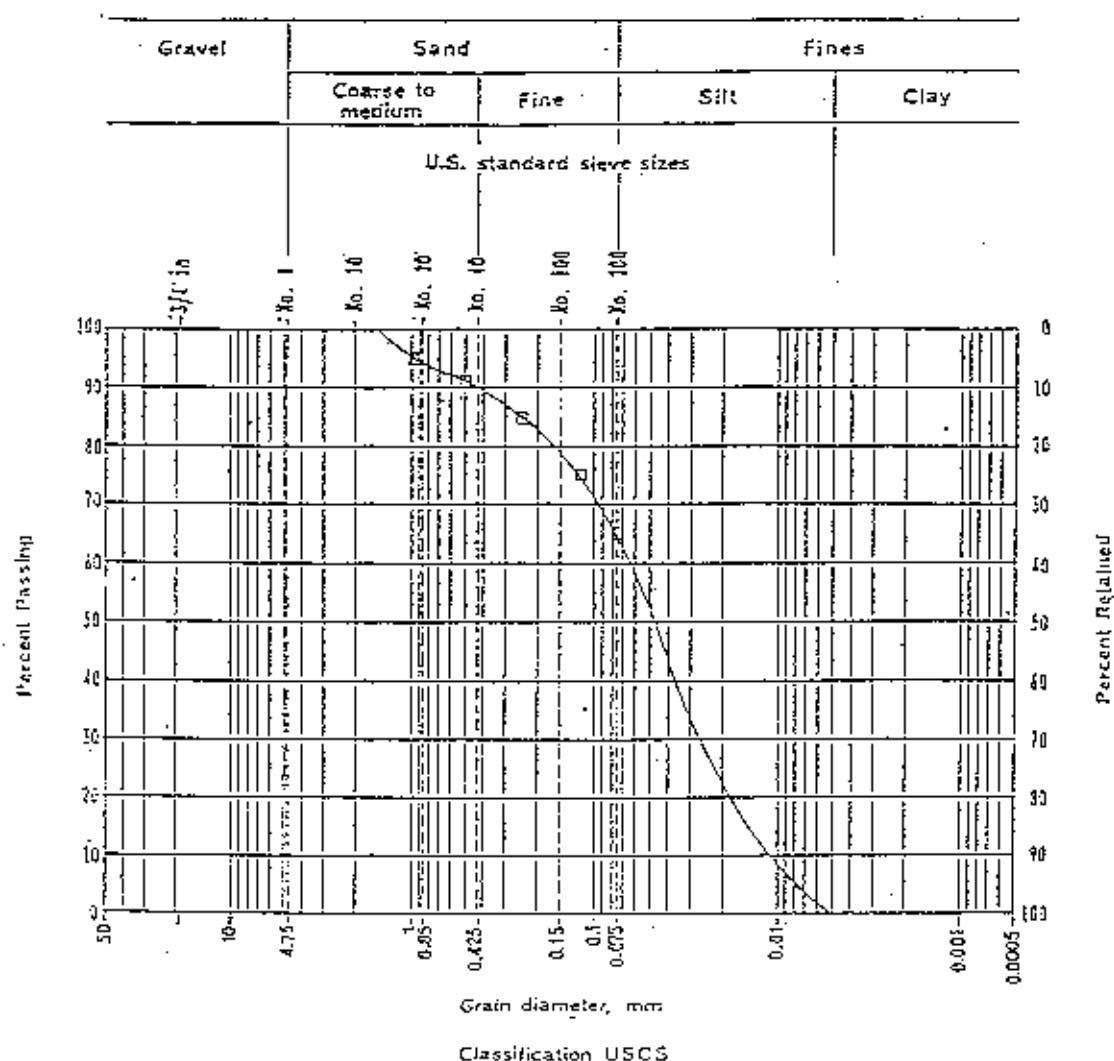
Location : B1 - B2

Sample No. : \_\_\_\_\_

Dept of Sample : \_\_\_\_\_

Tested By : Tasyo

Date of Testing : 18 Agustus 1991



$D_{50}$  : 0.48 mm

$D_{90}$  : 0.425 mm

$G_s$  : 2.73

### Description of Soil

- Gravel : — %

- Sand : 33.37 %

- Silt + Clay : 66.63 %



## Grain Size Distribution

Project : KRAKSAAN

Location : B2

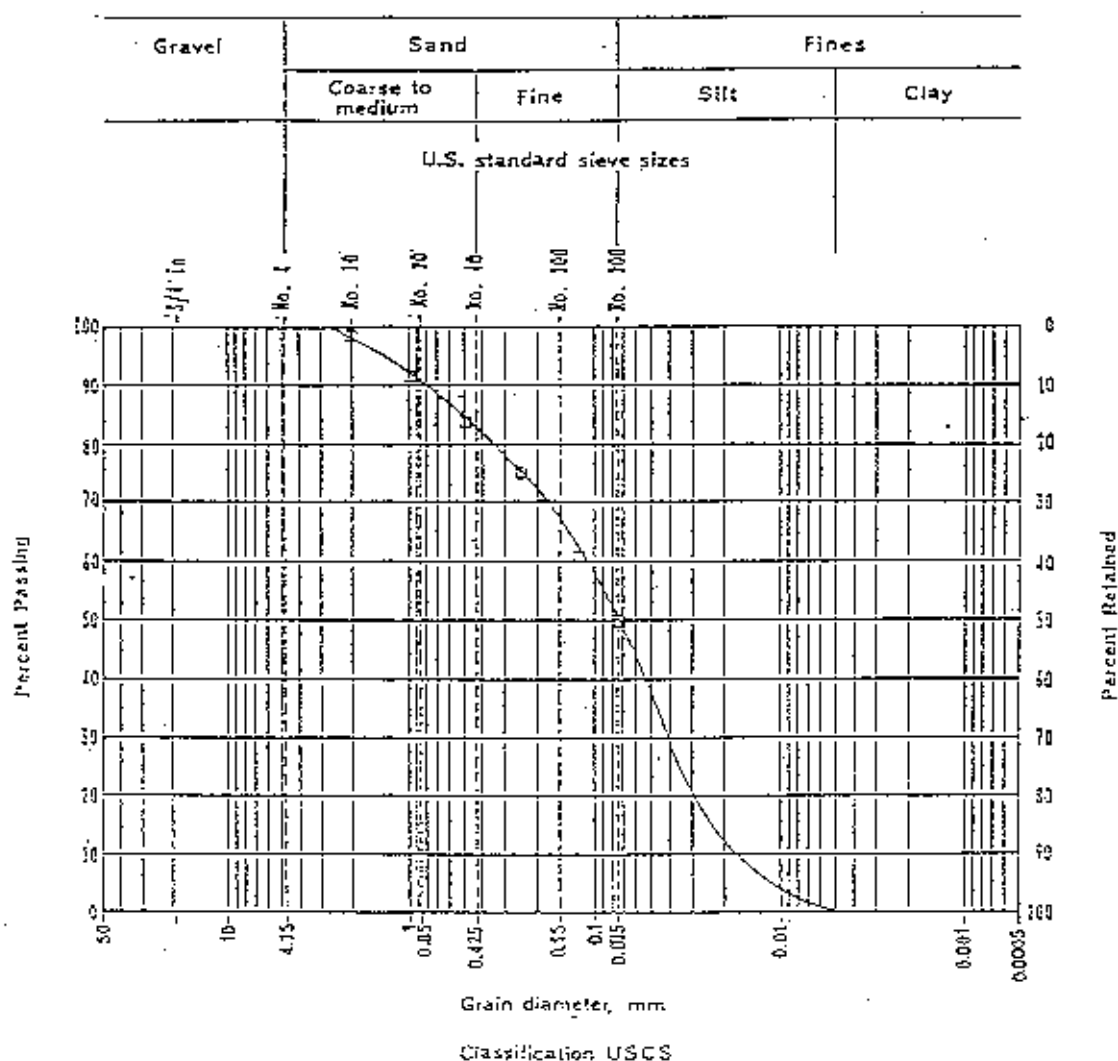
17 m dari garis pantai

Tested By : Tasyo

Sample No. : \_\_\_\_\_

Dept of Sample : \_\_\_\_\_

Date of Testing : 18 Agustus 1991



$D_{50}$  : 0,075 mm

$D_{60}$  : 0,80 mm

$G_s$  : 2,76

### Description of Soil

- Gravel : — %  
- Sand : 49,95 %  
- Silt - Clay : 50,05 %





# LABORATORIUM HIDROTEKNIK

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
Kampus ITS Keputih-Sukotilo, Telp. 596094, Surabaya

## Grain Size Distribution

Project : KRAKSAAN

Location : B2 - B3

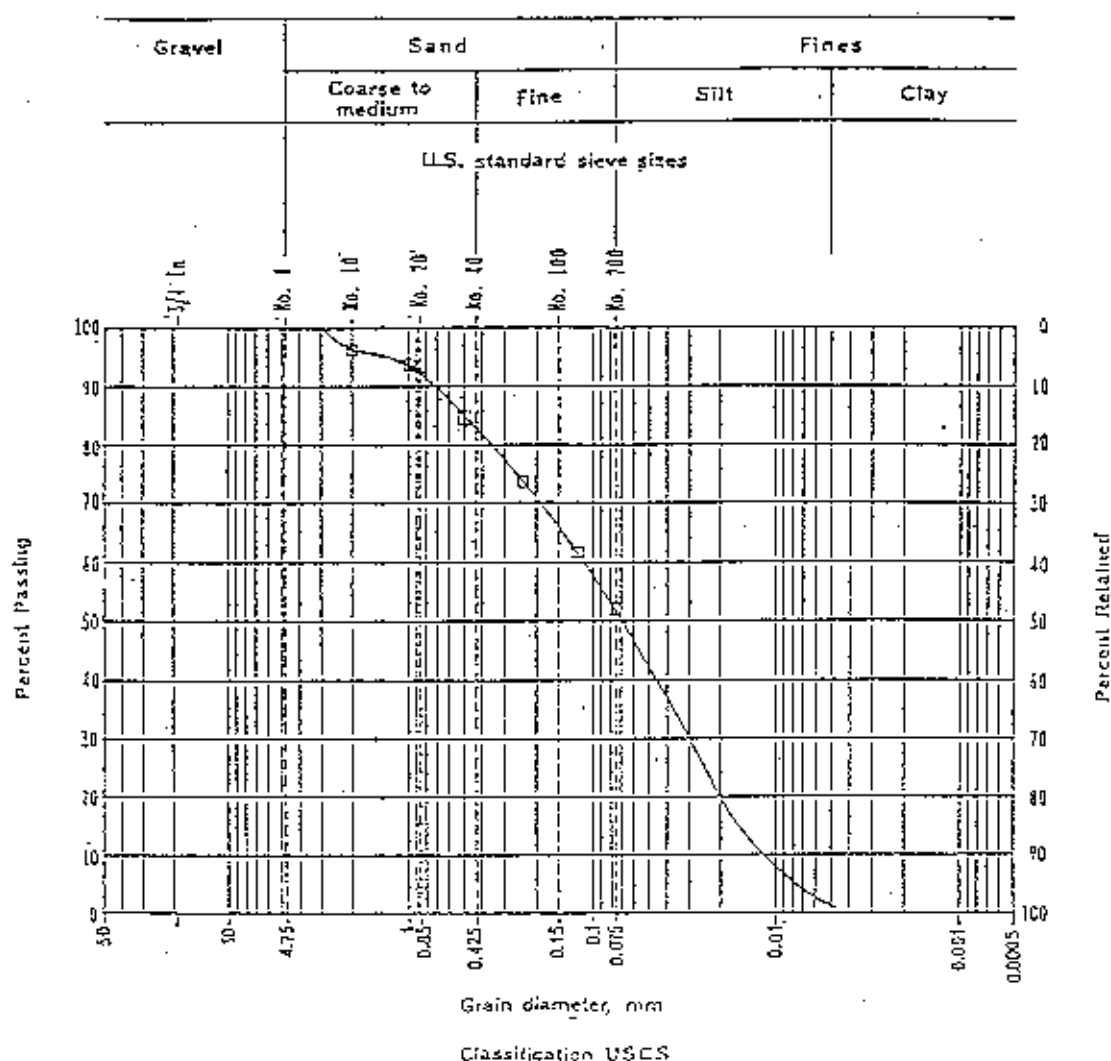
174 m dari garis pantai

Sample No. : \_\_\_\_\_

Dept of Sample : \_\_\_\_\_

Tested By : Tasyo

Date of Testing : 18 Agustus 1991



$D_{50}$  : 0,06 mm

$D_{90}$  : 0,70 mm

$G_s$  : 2,83

### Description of Soil

- Gravel : — %

- Sand : 47,31 %

- Silt - Clay : 52,69 %



# LABORATORIUM HIDROTEKNIK

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
Kampus ITS, Keputih-Sukolilo, Telp. 596094, Surabaya

## Grain Size Distribution

Project : KRAKSAAN

Location : B3

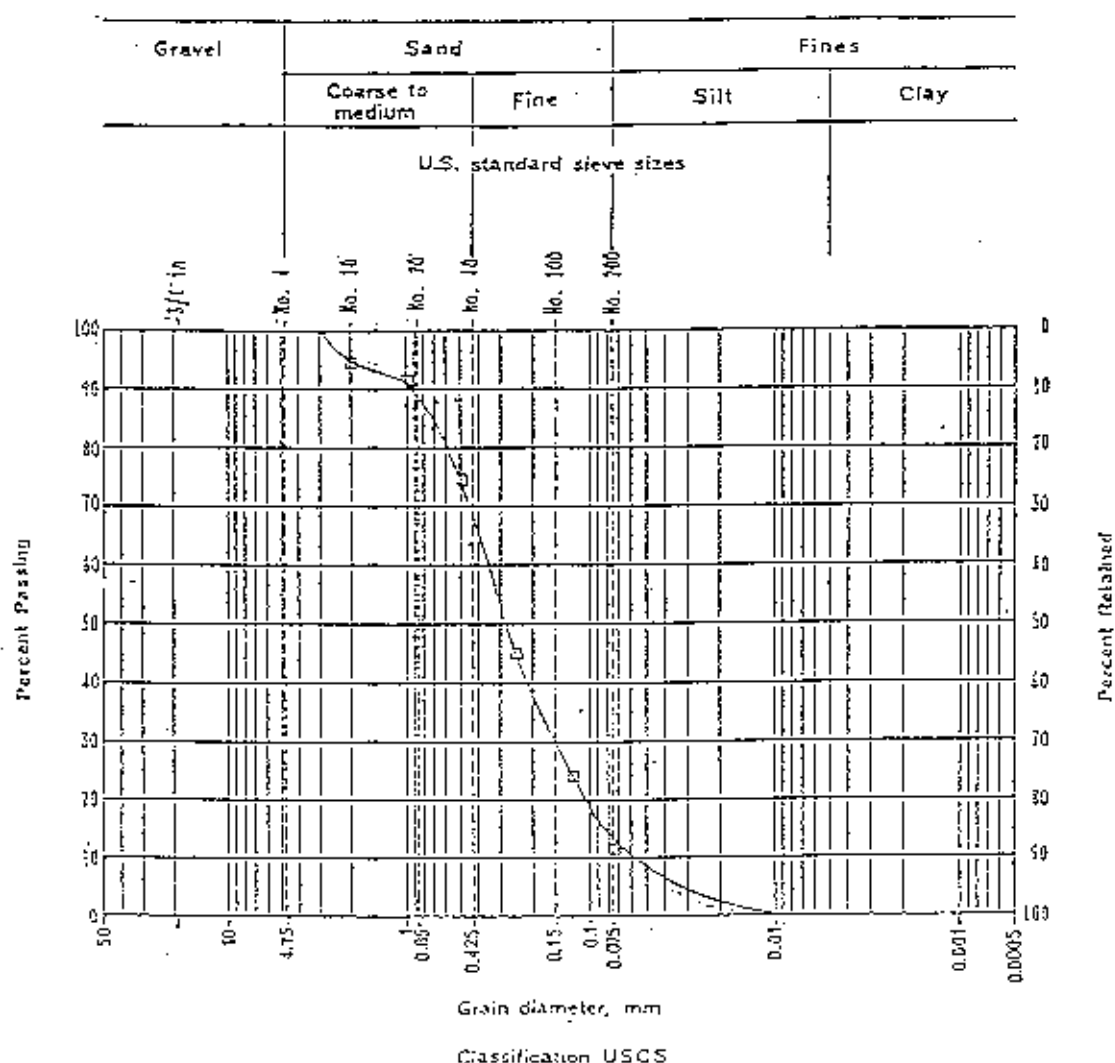
231 m dari garis pantai

Tested By : Tasya

Sample No. : \_\_\_\_\_

Dept of Sample : \_\_\_\_\_

Date of Testing : 18 Agustus 1991



$D_{50}$  : 0,290 mm

$U_{50}$  : 0,900 mm

$G_s$  : 2,65

### Description of Soil

- Gravel : — %

- Sand : 87,68 %

- Silt - Clay : 12,32 %



# LABORATORIUM HIDROTEKNIK

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Kampus ITS Keputih-Sukolilo, Telp. 596094, Surabaya

## Grain Size Distribution

Project : KRAKSAAN

Location : B3 - B4

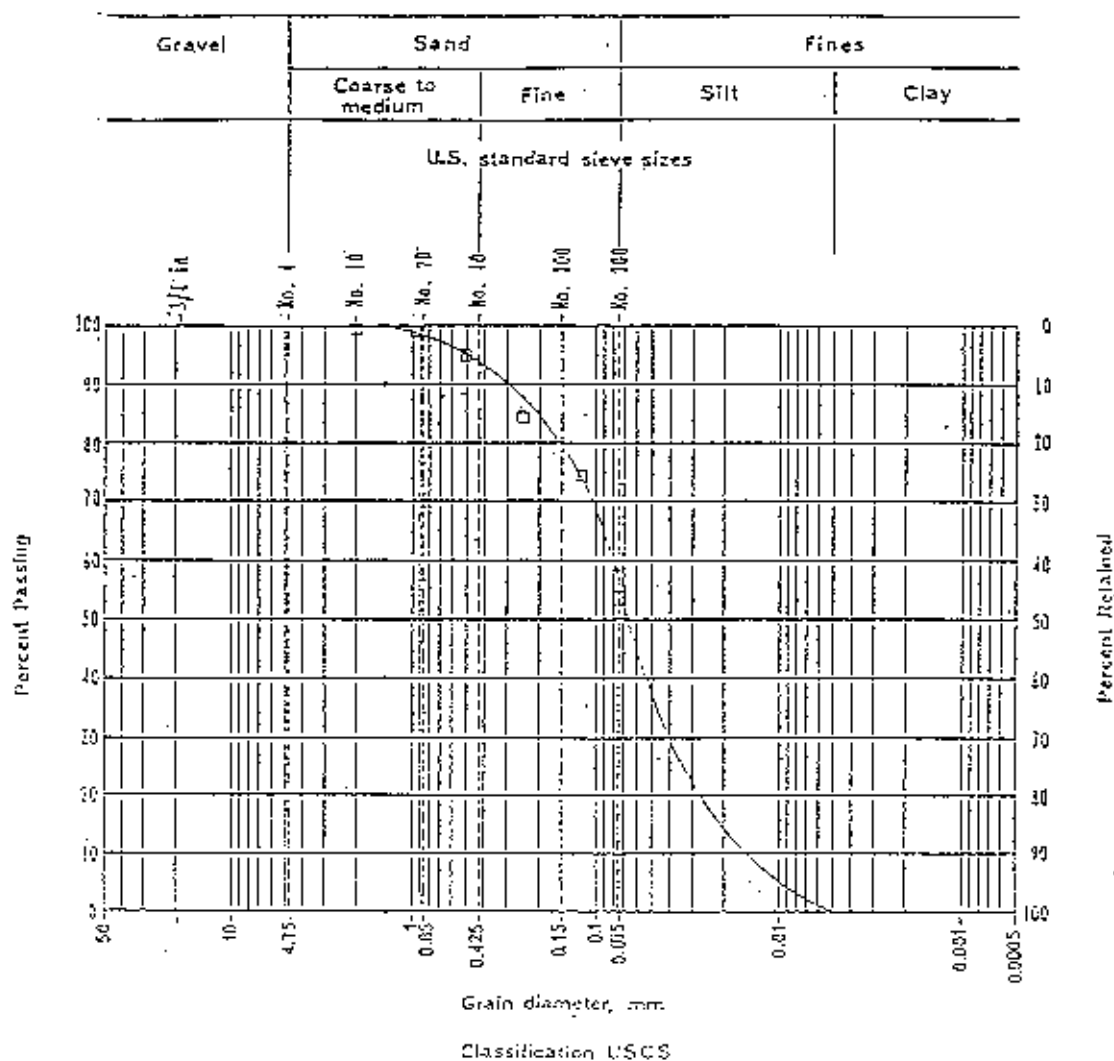
377 m dari garis pantai

Tested By : Tasya

Sample No. : \_\_\_\_\_

Dept of Sample : \_\_\_\_\_

Date of Testing : 18 Agustus 1991



$D_{50}$  : 0,065 mm

$D_{60}$  : 0,300 mm

$G_s$  : 2,84

### Description of Soil

- Gravel : — %

- Sand : 46,72 %

- Silt - Clay : 53,28 %



# LABORATORIUM HIDROTEKNIK

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
Kampus ITS Keputih-Sukolilo, Telp. 595094, Surabaya

## Grain Size Distribution

Project : KLAKSAAN

Location : B3

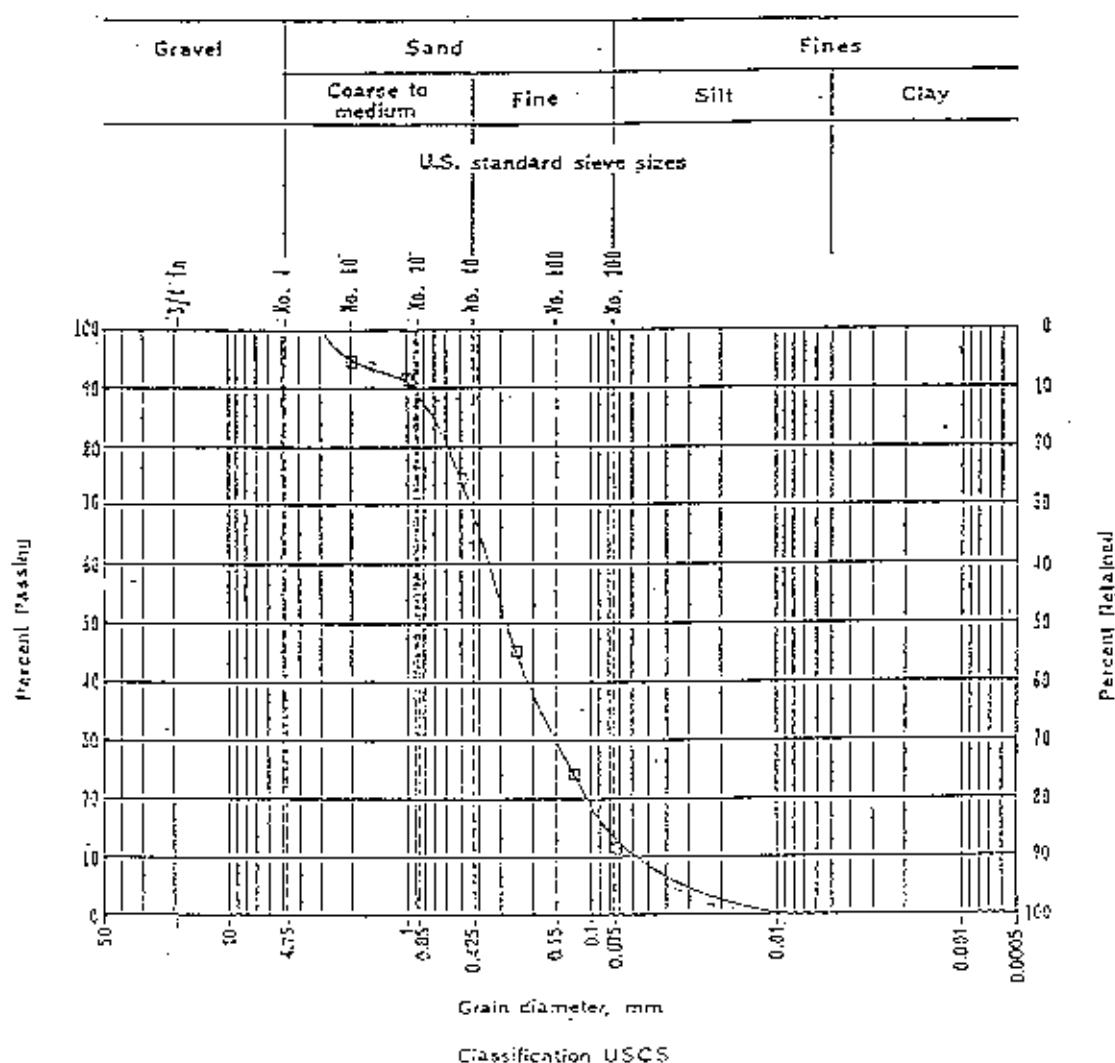
Sample No. : \_\_\_\_\_

231 m dari garis pantai

Dept of Sample : \_\_\_\_\_

Tested By : Tasyo

Date of Testing : 18 Agustus 1991



D<sub>50</sub> : 0,290 mm

D<sub>60</sub> : 0,900 mm

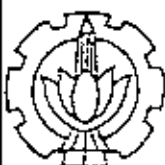
G<sub>s</sub> : 2,65

### Description of Soil

- Gravel : \_\_\_\_\_ %

- Sand : 87,68 %

- Silt + Clay : 12,32 %

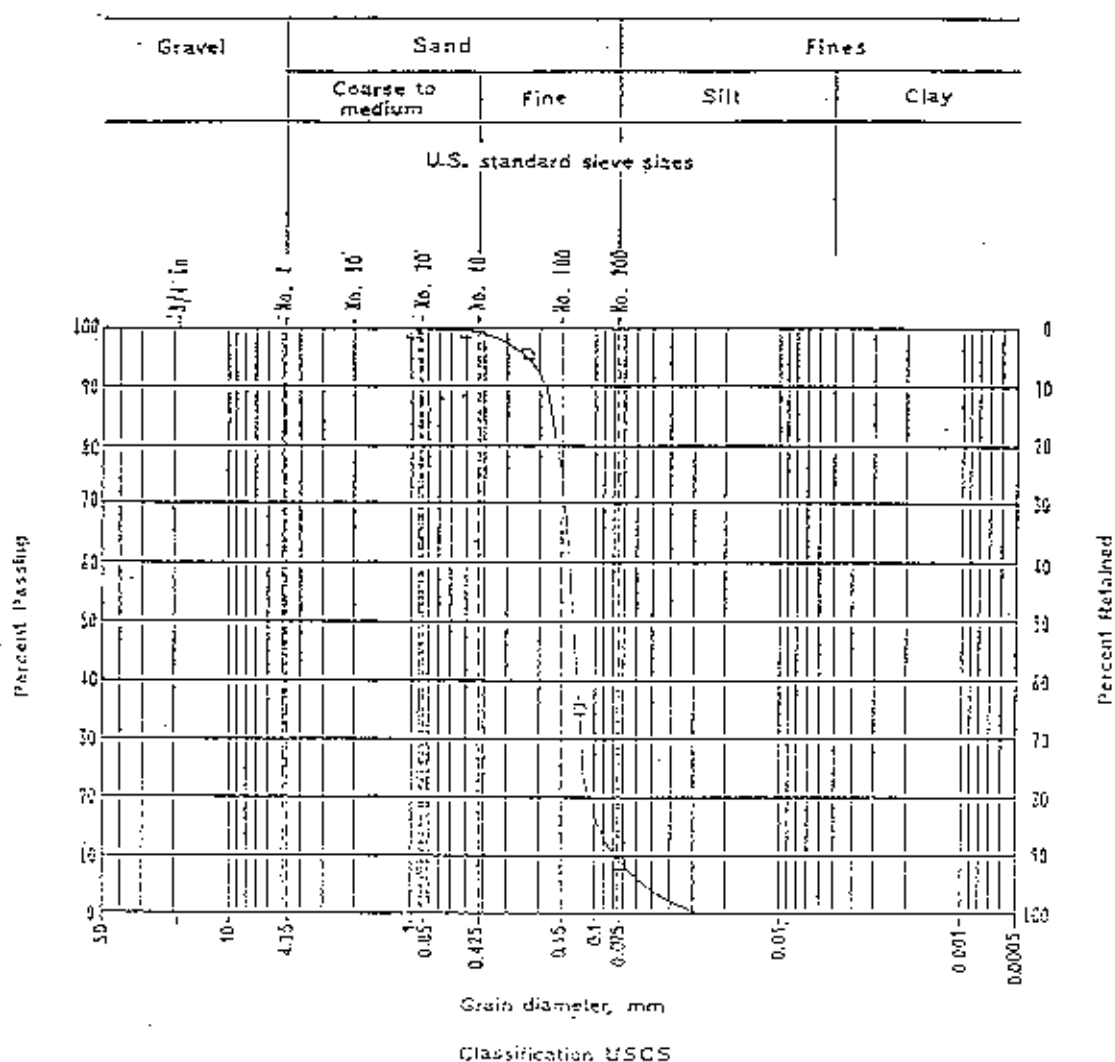


# LABORATORIUM HIDROTEKNIK

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
Kampus ITS Keputih-Sukofilo, Telp. 596094, Surabaya

## Grain Size Distribution

Project : KRAKSAAN  
Location : B4 - B5  
669 m dari garis pantai  
Sample No. : \_\_\_\_\_  
Dept of Sample : \_\_\_\_\_  
Tested By : Tasya  
Date of Testing : 18 Agustus 1991



$D_{50}$  : 0,140 mm

$D_{60}$  : 0,185 mm

$G_s$  : 2,67

### Description of Soil

- Gravel : — %  
- Sand : 91,06 %  
- Silt + Clay : 8,94 %



# LABORATORIUM HIDROTEKNIK

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Kampus ITS Keputih-Sukowilo, Telp. 596094, Surabaya

## Grain Size Distribution

Project : KRAKSAAN

Location : B5

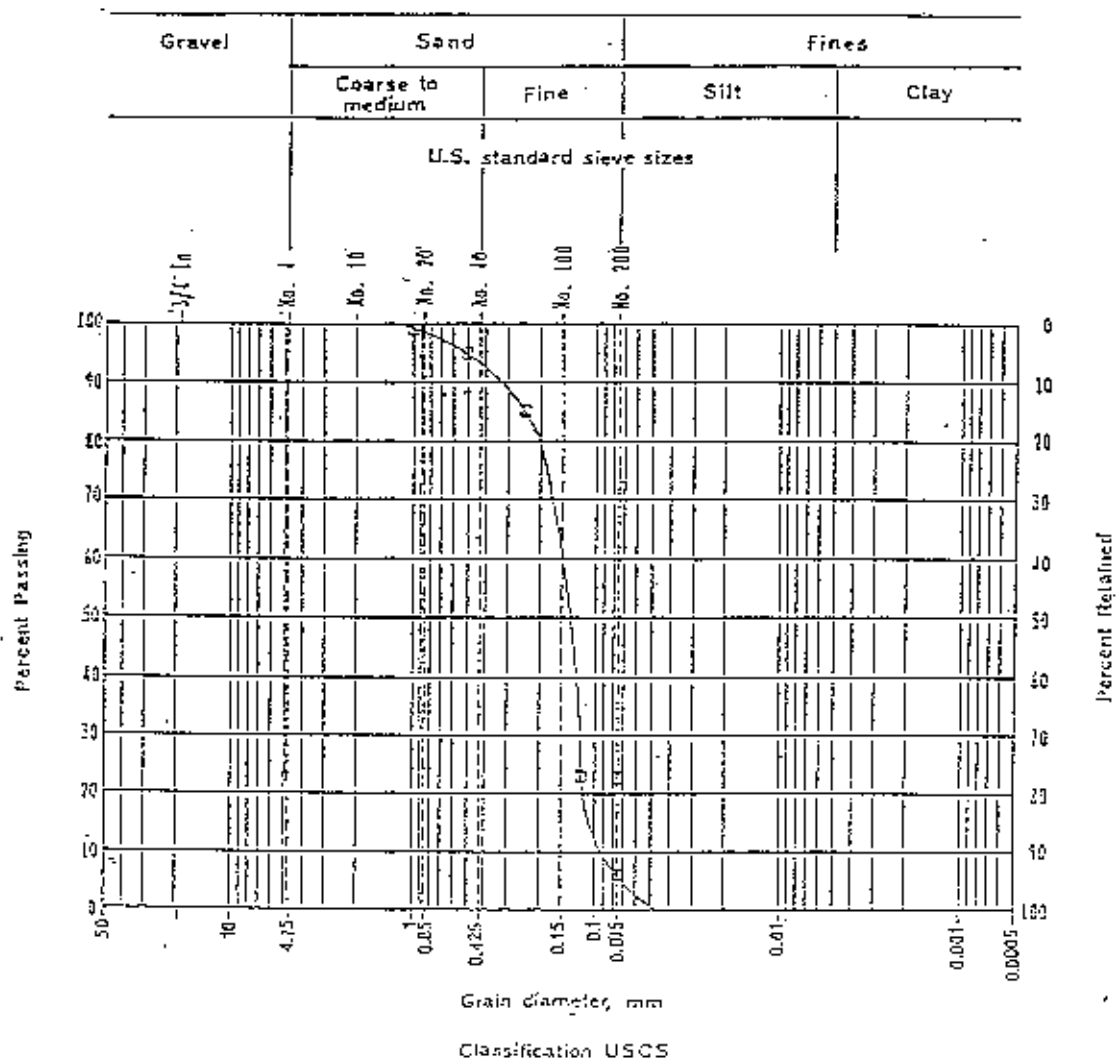
817 m dari garis pantai

Sample No. : \_\_\_\_\_

Dept of Sample : \_\_\_\_\_

Tested By : Tasya

Date of Testing : 12 Agustus 1991



D<sub>50</sub> : 0,135 mm

D<sub>90</sub> : 0,325 mm

G<sub>s</sub> : 2,61

### Description of Soil

- Gravel : — %

- Sand : 92,49 %

- Silt - Clay : 7,51 %



# LABORATORIUM HIDROTEKNIK

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Kampus ITS Keputhi-Sukolilo, Telp. 596094, Surabaya

## Grain Size Distribution

Project : KRAKSAAN

Location : B5-B6

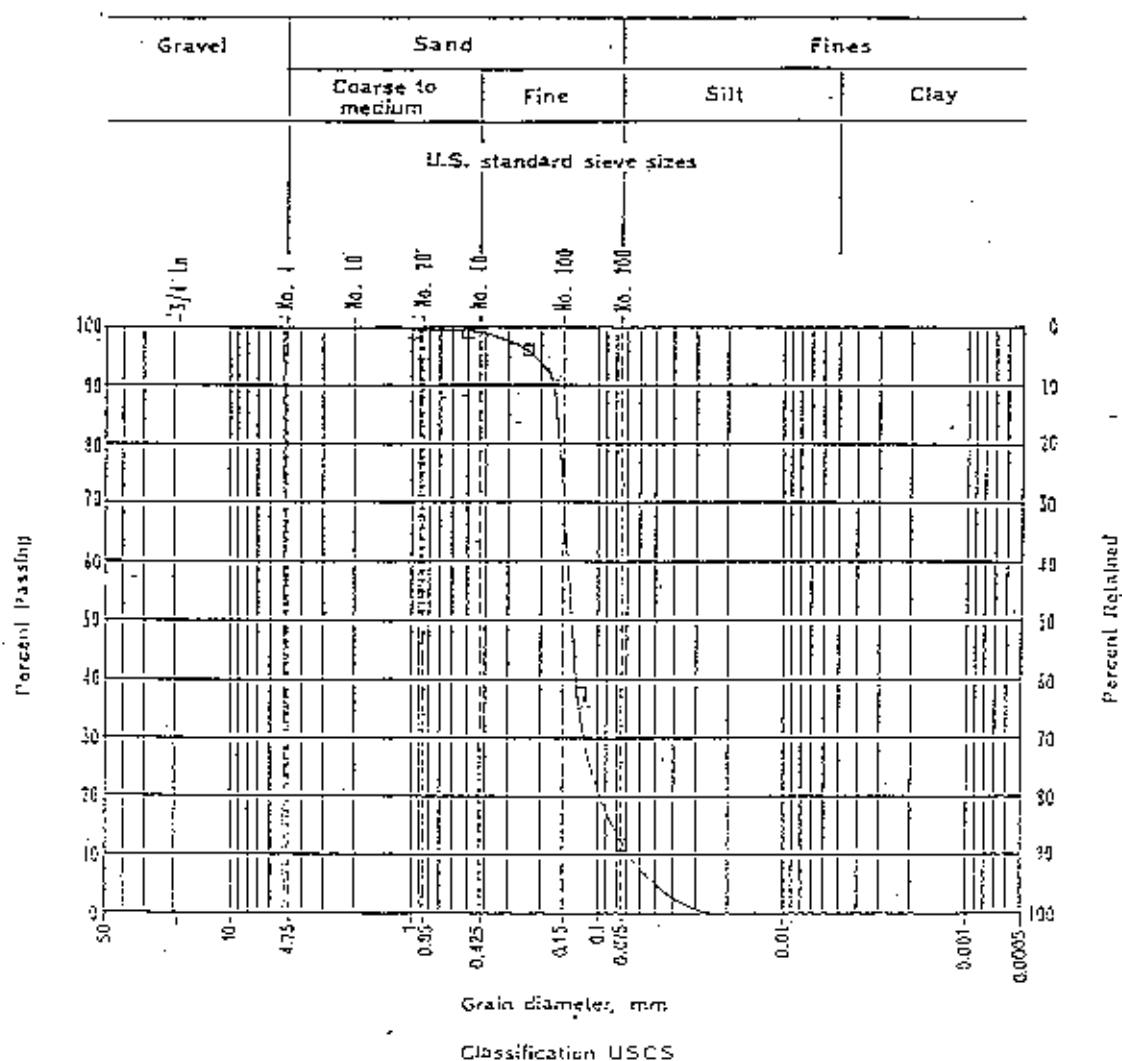
936 m dari garis pantai

Sample No. : \_\_\_\_\_

Dept of Sample : \_\_\_\_\_

Tested By : Tasiryo

Date of Testing : 18 Agustus 1991



$D_{60}$  : 0,145 mm

$D_{30}$  : 0,175 mm

$G_s$  : 2,63

Classification of Soil

- Gravel : \_\_\_\_\_ %

- Sand : 28 %

- Silt - Clay : 12 %



# LABORATORIUM HIDROTEKNIK

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
Kampus ITS Keputih-Sukolilo, Telp. 596094, Surabaya

## Grain Size Distribution

Project : KRAKSAAN

Location : B6

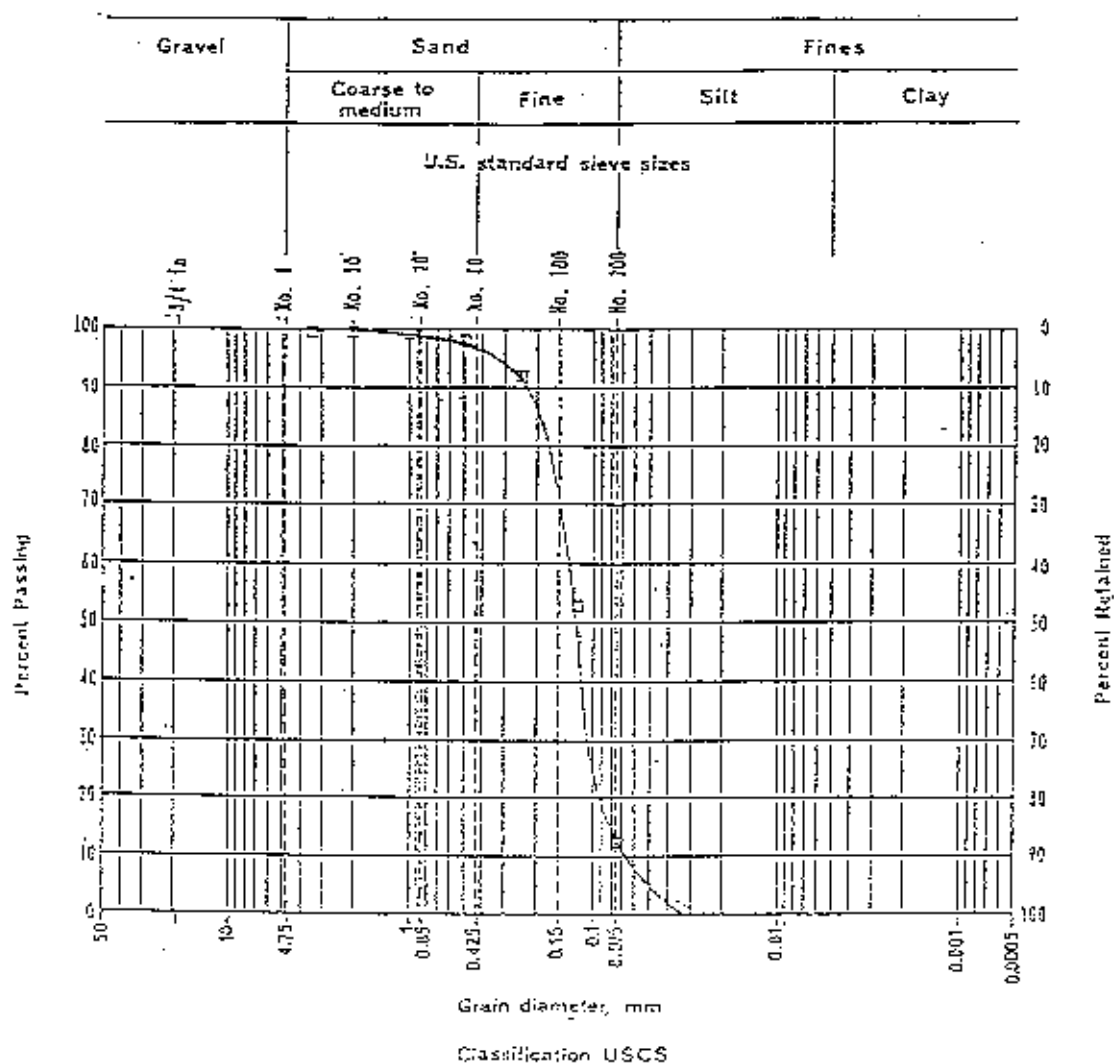
1054 m dari garis pantai

Tested By : Tasya

Sample No. : \_\_\_\_\_

Dept of Sample : \_\_\_\_\_

Date of Testing : 18 Agustus 1991



$D_{50}$  : 0,125 mm

$D_{90}$  : 0,235 mm

$G_s$  : 2,91

### Description of Soil

- Gravel : — %  
- Sand : 27,01 %  
- Silt + Clay : 12,99 %





# LABORATORIUM HIDROTEKNIK

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
Kampus ITS Keputih-Sukelilo, Telp. 596094, Surabaya

## Grain Size Distribution

Project : KLAKSAAN

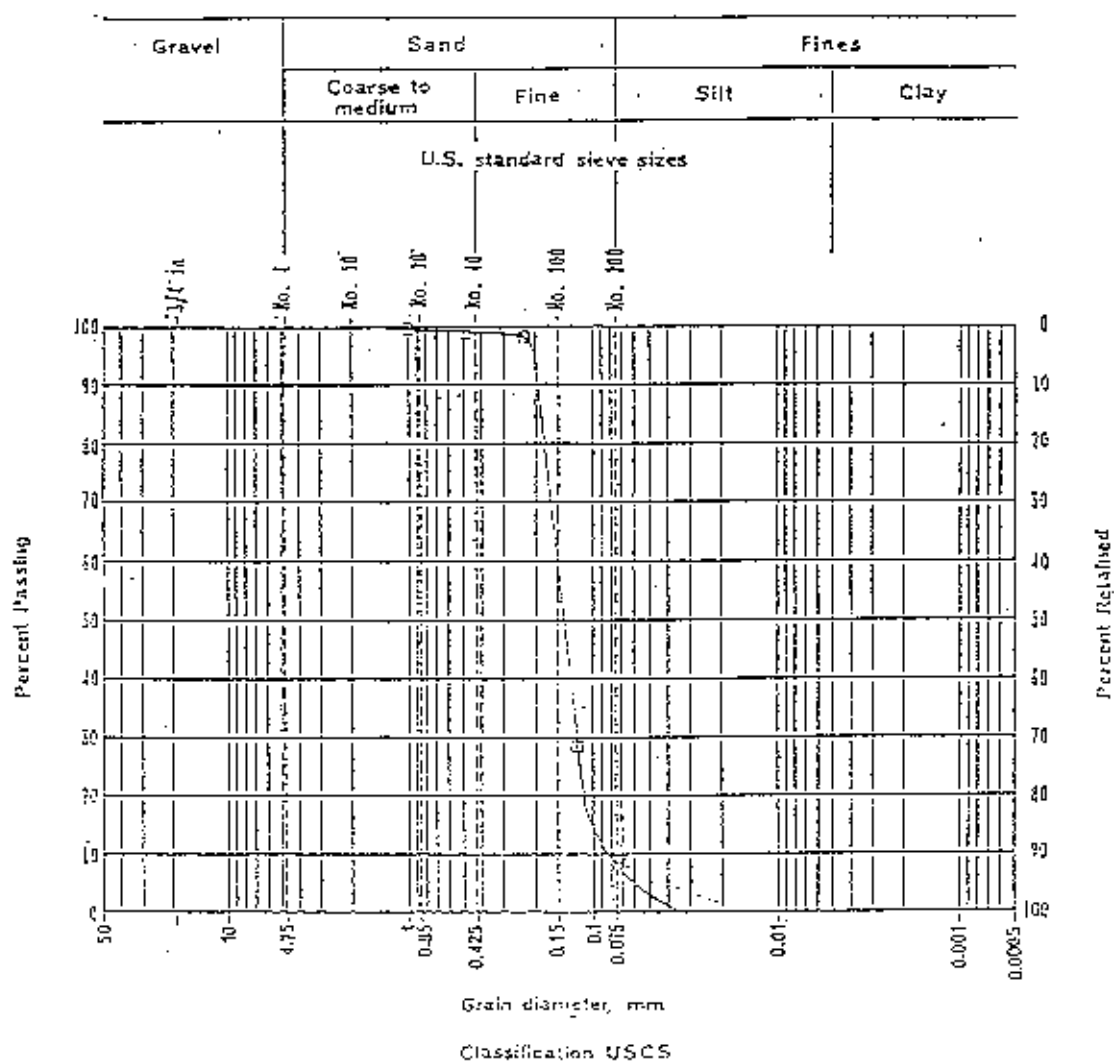
Location : BG - B7  
152 m dari garis pantai

Sample No. : \_\_\_\_\_

Dept of Sample : \_\_\_\_\_

Tested By : Tasya

Date of Testing : 18 Agustus 1991



$D_{50}$  : 0.145 mm

$D_{60}$  : 0.20 mm

$G_s$  : 2.85

### Description of Soil

- Gravel : — %

- Sand : 96.37 %

- Silt + Clay : 8.63 %

# LABORATORIUM HIDROTEKNIK

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
Kampus ITS Keputih-Sukolilo, Telp. 586094, Surabaya

## Grain Size Distribution

Project : KELAKSAAN

Location : B2

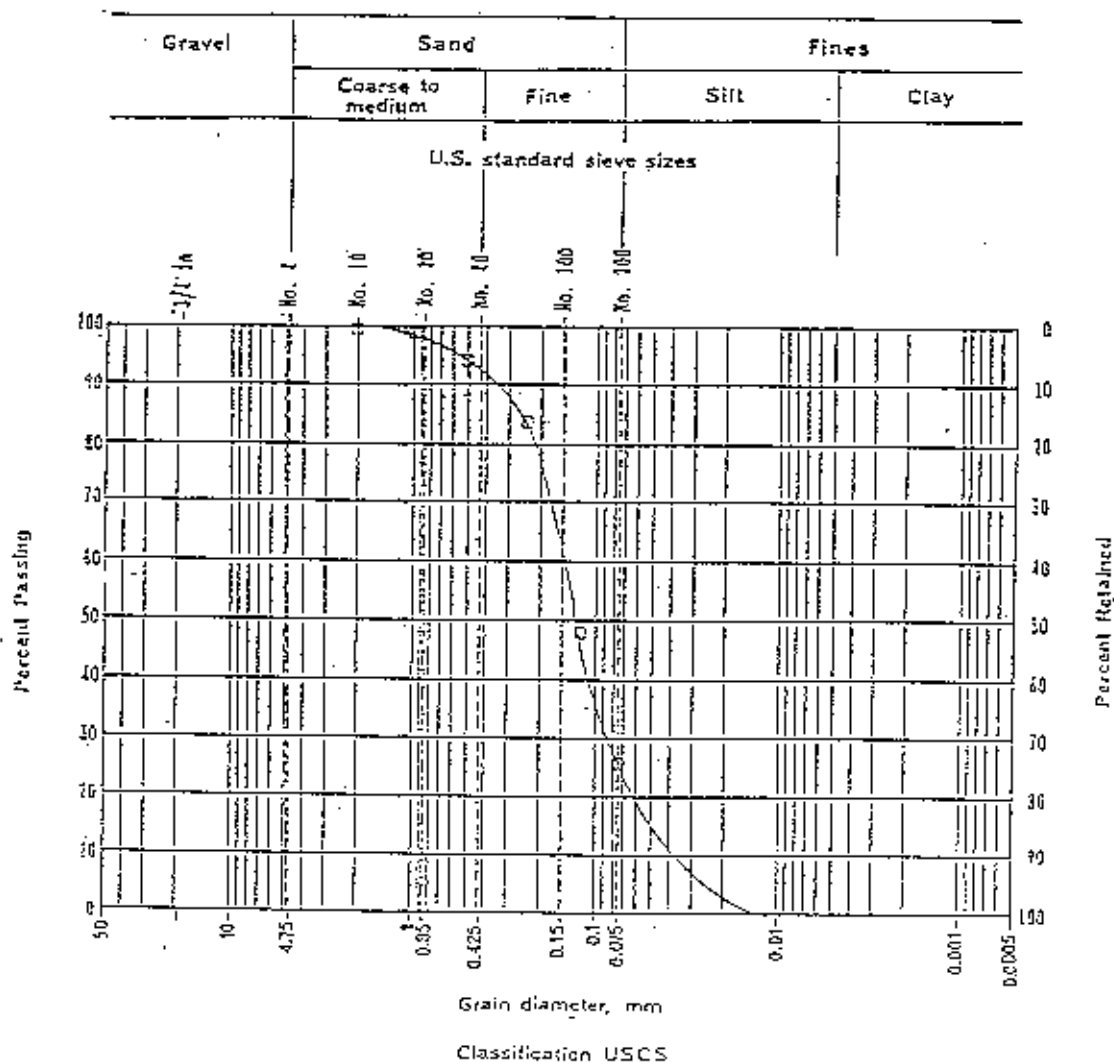
1250 m dari garis pantai

Sample No. : \_\_\_\_\_

Dept of Sample : \_\_\_\_\_

Tested By : Tosiyo

Date of Testing : 18 Agustus 1991



### Description of Soil

$D_{50}$  : 0.13 mm

$D_{60}$  : 0.34 mm

$G_s$  : 2.98

- Gravel : — %

- Sand : 72.27 %

- Silt + Clay : 27.73 %